

INSTITUT DE FRANCE

ACADÉMIE DES SCIENCES

LA VIE ET L'ŒUVRE

DE

JEAN-BAPTISTE BIOT

MEMBRE DE L'ACADÉMIE

Lecture faite en la séance annuelle
DU 12 DÉCEMBRE 1927

PAR

M. ÉMILE PICARD

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL



PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET C^{ie}

IMPRIMEURS-LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

M CM XXVII



22200084330

Pour situer les éléments de cet ensemble dans l'histoire des idées générales et montrer leur influence sur elle, je dois rappeler que le fait dominant de cette histoire depuis cent cinquante ans, celui autour duquel les autres viennent se grouper, est l'échec de la tentative d'explication du monde par la mécanique newtonienne ou rationnelle et son remplacement par une synthèse plus vaste et non encore achevée, à travers les diverses étapes d'un conflit, latent d'abord, puis de plus en plus aigu, qui s'est traduit, au cours des trente dernières années, par les deux grandes crises de la relativité et des quanta, cette dernière encore en pleine évolution.

Le succès considérable de la mécanique céleste au sens de Newton avait donné l'illusion, au dix-huitième siècle, que la physique tout entière pouvait s'expliquer de manière analogue à ce qui concernait le mouvement des astres, par des mouvements de particules obéissant aux lois de la même mécanique et soumises à des forces du même type que celles de la gravitation, actions mutuelles déterminées instantanément à distance par les positions simultanées de toutes les particules. Ainsi la mécanique était, de manière légitime avant preuve contraire, considérée comme devant servir de base à toute explication des phénomènes physiques. La qualification même de rationnelle soulignait assez la situation privilégiée qu'on lui attribuait dans l'ensemble des sciences, et la confiance qu'on mettait dans la valeur absolue des notions sur lesquelles Galilée et Newton l'avaient fondée.

Un écho très significatif de cet état d'esprit se trouve dans le livre, resté longtemps classique, où Privat de Molières a publié, de 1733 à 1739, son enseignement du Collège de France, et qu'il intitula : *Leçons de physique contenant les éléments de la physique déterminés par les seules lois des mécaniques*.

C'est dans le même esprit qu'a travaillé Coulomb lorsqu'en 1785 il établit les lois des forces électriques et magnétiques, en interrogeant, il est vrai, l'expérience, mais en impliquant *a priori* dans la question que le résultat devait être du type des actions instantanées à distance.

La crise du mécanisme, dont nous ne sommes pas encore sortis, a commencé, il y a plus d'un siècle, lorsqu'un lien fut établi entre les deux domaines, jusque-là complètement indépendants, de l'électricité et du magnétisme, par l'expérience qui découvrit à Ørstedt l'action du courant électrique sur l'aiguille aimantée. Je ne puis mieux comparer l'émotion soulevée dans le monde scientifique par cet événement qu'à l'enthousiasme avec lequel les physiciens, à l'automne de 1895, accueillirent la découverte des rayons de Röntgen. J'ai gardé de cette époque un souvenir très vivant, grâce à la bonne fortune que j'eus d'entrer à ce moment même dans le laboratoire de l'École Normale, animé par Perrin, et où, de jour et de nuit, ronflaient les bobines et brillaient les ampoules pour pénétrer le mystère du rayonnement nouveau. A ce moment-là, comme en 1820, on eut l'impression qu'une chose essentielle était révélée et qu'une étape nouvelle allait être franchie. L'une et l'autre fois, l'instinct des physiciens ne s'était pas trompé.

Dès que la découverte de Ørstedt fut connue à Paris, Biot et Savart, au

laboratoire du Collège de France, donnèrent les premiers une loi quantitative concernant le nouveau phénomène, celle de l'action d'un courant rectiligne sur un aimant voisin. Mais, comme le montre le titre de leur mémoire : *Sur l'aimantation imprimée aux métaux par l'électricité en mouvement*, ils l'interprétaient de la même manière qu'Ørstedt : le passage du courant, le conflit des électricités, comme disait Ørstedt, à l'intérieur du fil conducteur, communiquait au métal de ce fil une vertu magnétique analogue à celle qui résulte de l'aimantation d'un morceau de fer sous l'action d'un aimant. La loi élémentaire si importante par laquelle Laplace traduit le résultat des expériences de Biot et Savart procède de la même conception et donne l'action magnétique exercée à distance par chaque élément du circuit électrique sous l'action du courant. L'action nouvelle était conçue comme proprement magnétique, comme due à une aimantation d'un type spécial prise par le conducteur sous l'influence du courant.

C'est ici qu'apparaît le trait de génie d'Ampère qui, en un temps très court, en quelques jours à peine, donna une signification beaucoup plus profonde au nouveau phénomène où il vit la manifestation d'une propriété nouvelle de l'électricité, du courant électrique plutôt que des aimants, cherchant une interprétation, une base d'explication du côté électrique, plutôt que du côté magnétique, de la liaison découverte par Ørstedt. D'où l'idée féconde de ne plus considérer le courant comme transformant le fil en un nouveau type d'aimant, ce qui ne conduisait à rien de simple, au moins immédiatement, mais de chercher au contraire ce que devenait l'action quand on remplaçait l'aimant par un autre courant. L'électrodynamique était créée, ainsi que l'interprétation du magnétisme par les courants particuliers.

C'est le 11 septembre 1820 qu'Ampère connut l'expérience d'Ørstedt répétée devant l'Académie des sciences de Paris par Arago, qui l'avait vue lui-même pour la première fois au laboratoire de de la Rive, à Genève, le mois précédent. Le feu sacré jaillit dans le cerveau d'Ampère et, à la séance suivante, le 18 septembre, il apportait déjà les idées essentielles, puisqu'on lit dans ses notes à propos de cette séance :

« Je décrivis les instruments que je me proposais de faire construire et, entre autres, des spirales et des hélices galvaniques. J'annonçai que ces dernières produiraient, dans tous les cas, les mêmes effets que les aimants. J'entrai ensuite dans quelques détails sur la manière dont je conçois les aimants, comme devant uniquement leurs propriétés à des courants électriques circulant dans des plans perpendiculaires à leur axe, et sur les courants semblables que j'admets dans le globe terrestre, en sorte que je réduisis tous les phénomènes magnétiques à des effets purement électriques. »

A propos de la séance suivante du 25 septembre, il écrivait : « Je donnai plus de développement à cette théorie et j'annonçai le fait nouveau de l'attraction et de la répulsion de deux courants électriques, sans l'intermédiaire d'aucun aimant, fait que j'avais observé sur des conducteurs pliés en spirale. Je répétais cette expérience dans le cours de la séance... »

Et ce fut ainsi de séance en séance. Arago ayant constaté l'action magnétisante d'un courant rectiligne sur le fer doux, Ampère conclut de ses propres idées que, si l'on enroulait le fil conducteur autour d'un noyau de fer, cette action deviendrait beaucoup plus énergique, ce qui fut immédiatement confirmé. Ainsi était trouvé le principe de l'électro-aimant, et réalisé pour la première fois ce merveilleux appareil qui joue un rôle si essentiel dans la plupart des applications de l'électricité.

Cette rapidité de vision, cette faculté d'intuition géniale qui se retrouvent dans d'autres parties de l'œuvre d'Ampère, par exemple dans la manière dont il découvrit, indépendamment d'Avogadro, l'égalité du nombre des molécules dans des volumes égaux de gaz différents, justifient l'expression que Maxwell emploie pour désigner Ampère : « le Newton de l'électrodynamique ».

Cette comparaison est exacte encore à un autre point de vue. Lorsque, quelques années après la période d'activité fiévreuse de 1820, Ampère fut conduit, par une analyse qui est restée un modèle d'ingéniosité expérimentale, d'habileté mathématique et de rigueur logique, à énoncer la loi élémentaire de l'électrodynamique, celle qui donne l'action entre deux éléments de courants, il le fit, comme autrefois Coulomb et plus récemment Laplace, à l'image de la loi de gravitation qui avait triomphé en mécanique céleste, sous une forme du type newtonien d'action instantanée à distance. Comme ses prédécesseurs, Ampère avait introduit ce postulat, de manière qu'il eût jugé nécessaire s'il en avait eu conscience, dans les raisonnements par lesquels il aboutit à cette loi qu'il considérait comme « uniquement déduite de l'expérience ». Ainsi, sans toujours s'en rendre assez compte, notre esprit apporte beaucoup de lui-même dans les questions qu'il pose à la nature et dans l'interprétation des réponses qu'il en reçoit.

Une remarque encore, qui souligne l'intérêt d'un rapprochement entre des disciplines diverses et l'utilité d'une information variée comme l'était celle d'Ampère. Familiarisé par la chimie de cette époque avec les conceptions moléculaires, et par ses réflexions sur les gaz avec la théorie cinétique, il fut conduit, l'esprit de Newton étant en lui fécondé par celui de Bernouilli, à exprimer ses conceptions par l'hypothèse des courants particuliers dont la circulation à l'intérieur des atomes lui servit à expliquer les propriétés magnétiques des corps. Il devançait ainsi de plus de quatre-vingts ans l'interprétation que la théorie des électrons m'a permis de donner de sa géniale conception.

La solution apportée par Ampère au problème posé par la liaison étroite entre l'électricité et le magnétisme, solution qu'on peut appeler électrodynamique, s'est montrée extraordinairement féconde pendant plus d'un siècle, non seulement au point de vue scientifique pur, mais encore au point de vue technique. Depuis quatre ou cinq ans, cependant, la découverte du moment magnétique propre de l'électron, du fait que celui-ci se comporte comme un aimant et sous une forme telle que le pivotement de sa charge électrique sur elle-même ne suffit pas à l'interpréter dans le sens des idées d'Ampère, remet celles-ci en question et donne à la liaison découverte par Ørstedt un

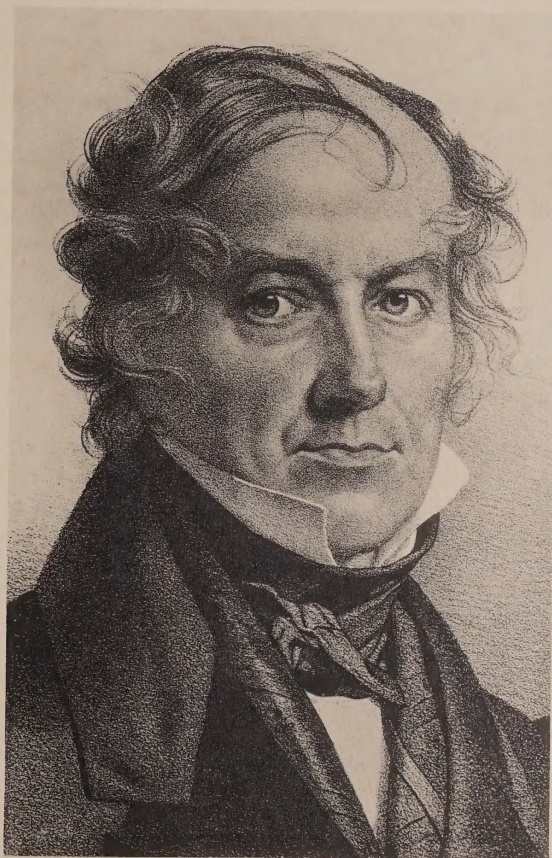
aspect plus complexe que nous ne le supposions. Seules, probablement, les propriétés des ondes électroniques de M. Louis de Broglie et de M. Dirac nous permettraient d'exprimer de manière adéquate le côté électromagnétique des aspects de la matière. Exemple, entre tant d'autres, de ces recommencements que les physiciens de ma génération suivent avec un intérêt qui, pour être passionné, n'en est pas moins mêlé d'un peu d'angoisse. Comme toute adaptation, celle de notre esprit est parfois douloureuse, et pourtant nécessaire.

L'espace me manque ici pour évoquer plus complètement la figure si humaine et si grande d'Ampère, pour retracer sa vie, agitée comme son époque, pleine d'idéalisme et de désintéressement, plutôt difficile et sombre mais traversée d'éclairs d'enthousiasme ou de génie. De même qu'il fallut soixante ans pour montrer toute l'importance théorique et pratique de son œuvre, la valeur de l'homme, en raison peut-être de sa dispersion, n'apparut pas immédiatement telle que nous la voyons aujourd'hui. Les grandes idées, dont les fruits sont longs à mûrir, assurent difficilement le succès matériel de ceux qui les apportent. La comparaison que j'établissais tout à l'heure entre Ampère et Regnault se prolonge par le contraste entre la carrière facile et unie dans l'ensemble, la gloire précoce du second, et les difficultés dans lesquelles ne cessa de se débattre le premier. Qualités et défauts complémentaires. Un aspect de ce contraste, qui concerne le Collège de France, trouvera sa place ici. Autant l'entrée de Regnault y fut facile, autant l'élection d'Ampère fut agitée et pittoresque, d'ailleurs comme tout ce qui concerne sa vie romantique. Il avait déjà donné l'essentiel d'une œuvre admirable lorsqu'il posa sa candidature en 1824, après la démission de Lefèvre-Gineau. Ses concurrents étaient Fresnel, de génie comparable au sien, Beudant et Pouillet. A part deux bulletins blancs, ces deux derniers eurent toutes les voix au scrutin de ballottage, Beudant l'emportant de deux voix sur Pouillet. L'Académie des sciences bouleversa complètement ce résultat en présentant Fresnel à une énorme majorité; la section de physique avait proposé *ex-æquo* Ampère et Fresnel, et Ampère avait demandé à ses amis de soutenir Fresnel. L'assemblée du Collège, consultée à nouveau, se sentit offensée et, Beudant ayant annoncé qu'il n'accepterait pas elle désigna Ampère par onze voix sur dix-neuf.

Avant sa mort en 1836, Ampère eut le temps de voir son œuvre prolongée, surtout par Faraday qui découvrit en 1832 les phénomènes d'induction si près desquels Ampère était passé, et qui vinrent compléter l'outillage scientifique nécessaire au développement ultérieur de l'électrotechnique.

Des idées de Faraday qui, grandi à l'écart et n'ayant pas subi l'influence de l'École, n'admettait pas la possibilité d'actions immédiates à distance du type newtonien, est sorti, grâce à leur traduction sous forme mathématique et précise par Maxwell, un développement nouveau de l'électromagnétisme. L'écho n'en parvint au Collège qu'avec Mascart, les successeurs immédiats d'Ampère, Savart et Regnault, orientés de manière toute différente, ne s'y étant pas intéressés.

Cette lacune de près de quarante ans dans l'activité théorique du Collège



JEAN-BAPTISTE BIOT.

eut une profonde répercussion dans tout l'enseignement et dans l'orientation de la physique en France. Rien ne montre mieux que cet exemple l'importance de notre maison dans la vie scientifique du pays. Comme conséquence, les idées nouvelles apportées par Mascart furent difficilement acceptées avant que la découverte des ondes hertziennes en 1887 ait confirmé leur importance. C'est un des grands mérites de Mascart d'avoir, en même temps qu'il poursuivait ses travaux d'optique sur lesquels je reviendrai à propos de la relativité, consacré un si grand effort à réparer le temps perdu. Les difficultés étaient grandes, le milieu mal préparé; les mots qu'il employait, comme celui de potentiel, si familier aujourd'hui, éveillaient des résonnances étranges, comme celle du *Cosmos* où l'abbé Moigno qualifiait de « Chevalier du potentiel » le jeune défenseur des idées nouvelles.

Cependant celles-ci, après la liaison développée par Ampère entre le magnétisme et l'électricité, venaient, par la théorie électromagnétique de la lumière, élargir encore la synthèse et annexer le domaine de l'optique et de la chaleur rayonnante à celui, déjà unifié, de l'électromagnétisme ancien. Au moment où se produisit la confirmation éclatante apportée par la découverte de Hertz qui prolongeait l'infra-rouge par un rayonnement présentant toutes les propriétés physiques de la lumière, mais d'origine incontestablement électromagnétique, Mascart, en collaboration avec M. de Nerville, répéta immédiatement et confirma les nouvelles expériences. Il eut alors gain de cause et fixa définitivement l'attention des physiciens français sur le mouvement d'idées qui, parti d'Ampère, devait, à travers Faraday, Maxwell et Hertz, donner lieu, tout récemment, au merveilleux développement de la radiotechnique. Ni Faraday, ni Maxwell, ni Hertz lui-même n'avaient, en s'efforçant d'aller plus loin qu'Ampère, la moindre idée qu'ils préparaient aux hommes un moyen de communiquer, de s'entendre et même de se voir, et de façon pratiquement instantanée, d'un point quelconque de la Terre à un autre. Le physicien préoccupé d'applications, l'inventeur qui aurait eu l'audace de se poser *a priori* ces problèmes n'aurait certainement trouvé aucune voie raisonnable vers leur solution.

Huit ans après la découverte des ondes hertziennes, Mascart suivit encore avec un intérêt passionné celle des rayons de Röntgen qui venaient, du côté opposé du spectre lumineux, celui de l'ultra-violet, prolonger notre connaissance de la gamme entière du rayonnement, complétée depuis par les découvertes des rayons γ des corps radio-actifs et du rayonnement pénétrant d'origine cosmique.

J'ai plaisir et émotion à me rappeler avoir écouté ici même les dernières leçons de Mascart consacrées aux récentes découvertes des rayons de Röntgen et de la radioactivité. Il en sentait toute l'importance et saluait en elles le commencement d'une période nouvelle, avec l'instinct du bon ouvrier qu'il avait été pendant les trente années de sa tâche au Collège.

Je dois à sa confiance d'avoir pu continuer, pendant les trente années qu'a déjà duré la nouvelle étape, particulièrement dramatique et dure, l'effort qu'il avait renouvelé, dans le sens de la mission historique du Collège, pour

ranimer la flamme et pour maintenir, par la recherche et par l'enseignement, une participation efficace et constante à la grande œuvre humaine de construction de la science.

Je me suis appuyé sur son exemple et sur son enseignement comme sur ceux, plus récents, de Marcel Brillouin à qui nous devons, indépendamment de tant d'autres contributions aux parties les plus importantes et les plus vivantes de la physique, d'avoir su faire, à une époque où la tâche était particulièrement ingrate et nécessaire, l'équivalent pour les théories cinétiques et moléculaires, de ce que Mascart avait fait du côté de la synthèse électromagnétique et optique. Il préparait ainsi la synthèse plus haute qui fut l'œuvre encore inachevée des trente dernières années et où se sont unies, pour une fécondation réciproque, les deux conceptions, celle de continuité en électromagnétisme et celle de discontinuité en atomistique.

C'est grâce à l'ionisation produite dans les gaz par les rayons de Röntgen et par ceux du radium que fut mise en évidence expérimentalement la structure granulaire des charges électriques prévue par Helmholtz. Combinée avec ces résultats, l'étude des rayons cathodiques permit d'identifier l'électron, sinon complètement, du moins aux deux points de vue électrique et mécanique. Il fallait la spectroscopie pour révéler l'existence d'un moment magnétique propre de l'électron.

Mes premières années d'enseignement et de recherches furent consacrées, du côté expérimental comme du côté théorique, au développement de ce chapitre nouveau, l'ionisation des gaz. Il m'a fallu, étant donné l'insuffisance du vieux laboratoire, qu'une reconstruction longtemps attendue va bientôt réparer, utiliser pour plusieurs de ces recherches la table même de l'amphithéâtre où nous faisons nos leçons publiques et j'ai souvenir d'y avoir installé, en particulier, le long tube de cuivre qui m'a servi pour la découverte des gros ions de l'atmosphère. Leur mise en évidence a été particulièrement facile ici, en raison de la présence en petites quantités de matières radioactives que nous transportions, souvent sans nous en douter, d'un laboratoire dans un autre et qui enrichissaient indûment l'atmosphère en ions par l'intermédiaire de leurs radiations pénétrantes et de leurs émanations.

La découverte de l'électron, prévue théoriquement par Lorentz et Larmor, a permis d'associer à la théorie électromagnétique du rayonnement la conception d'une matière constituée par des grains d'électricité doués d'inertie, et de construire, sous le nom de théorie de Lorentz, une représentation d'une si grande beauté que nous avons pu un moment la croire définitive, surtout après avoir vu triompher, au cours de la crise de la relativité, la mécanique nouvelle qui s'y trouvait implicitement contenue.

Puisque je me trouve conduit à nommer le grand Lorentz, j'ai plaisir à rappeler qu'il appartient aussi à l'histoire du Collège par les belles conférences qu'il y a faites en 1912, sur des points délicats de la théorie cinétique et sur l'interprétation si féconde que cette théorie a permis de donner du second principe de la thermodynamique. Je puis dire, sans exagération, que jamais

je n'eus l'occasion d'entendre, en français, de plus belles leçons, plus riches de contenu et plus parfaites de forme. Et Lorentz aurait pu les prononcer, avec une égale aisance, en trois ou quatre autres langues.

J'ai rappelé plus haut qu'il me fut donné de développer l'application des théories électroniques nouvelles à l'interprétation des propriétés magnétiques si complexes de la matière, et de coordonner autour de la nouvelle synthèse les idées d'Ampère sur les courants particuliers avec la théorie du diamagnétisme proposée par Weber. Dans les leçons faites ici en 1904-1905, j'ai développé pour la première fois les conséquences de la représentation des courants d'Ampère par les électrons en mouvement à l'intérieur des atomes ou des molécules, et des circuits de Weber par les trajectoires de ces électrons. Ces idées ont eu la bonne fortune de provoquer un grand nombre de recherches, en particulier celles de M. Pierre Weiss sur l'interprétation du ferromagnétisme parculaire. Les formules qu'elles m'ont permis de donner pour le diamagnétisme le champ moléet le paramagnétisme ont traversé, sans modifications essentielles, les dures épreuves imposées depuis vingt-cinq ans par le développement de la théorie des quanta.

Ainsi se développait cette synthèse électromagnétique, fondée depuis Faraday sur l'idée d'action propagée de proche en proche, et dont le conflit profond, longtemps insoupçonné, avec la mécanique newtonienne ne devait révéler toute son importance qu'au cours de la crise de la relativité. Il devait ressortir clairement de celle-ci que l'opposition entre les deux points de vue ne concernait pas seulement la manière, supposée instantanée par Newton, Coulomb, Laplace et Ampère, dont les actions s'exerçaient à distance, mais s'était déjà introduite, de façon très cachée, à la base même de la cinématique, par l'intermédiaire du temps absolu. Celui-ci, comme l'a montré la critique d'Einstein, n'aurait de sens expérimental que si nous disposions effectivement d'un moyen de signalisation, et par conséquent d'action, instantanée à distance. La seule cinématique conforme à l'expérience, fondée sur une signalisation propagée avec la vitesse de la lumière, était implicitement contenue dans les équations de la théorie électromagnétique, développées par Maxwell et Lorentz conformément aux idées de Faraday; et la seule dynamique compatible avec elle, d'autant plus différente de celle de Newton que la vitesse du mobile s'approche davantage de la vitesse de la lumière, s'est imposée complètement aujourd'hui après un ensemble impressionnant de confirmations d'ordre expérimental et d'ordre théorique.

J'insiste ici sur la théorie de la relativité non seulement parce qu'elle a joué depuis vingt-cinq ans et continue de jouer un rôle tout à fait fondamental dans l'histoire de la physique, mais aussi pour souligner le fait que les travaux de Mascart ont contribué de manière importante à l'établissement des bases expérimentales sur lesquelles s'appuie l'énoncé du principe même de relativité, à savoir : l'équivalence complète de tous les systèmes de référence galiléens pour l'ensemble des lois de la physique, et l'impossibilité de mettre en évidence, par une expérience quelconque intérieure à un système matériel, un mouvement

de translation uniforme de ce système par rapport à l'ensemble de notre nébuleuse. Avant d'être établies par Michelson avec une précision du second ordre, c'est-à-dire supérieure au dix-milliardième, pour la propagation isotrope de la lumière, ces données¹ essentielles avaient été établies par Mascart au premier ordre, c'est-à-dire avec une précision de l'ordre du millionième, pour tout l'ensemble des lois de l'optique : réflexion, réfraction, diffraction, phénomènes d'interférence en général. Il faut donc reconnaître en Mascart un des fondateurs de la théorie de la relativité.

La concordance de tous ces résultats a imposé de plus en plus, comme l'avait reconnu Henri Poincaré, l'affirmation d'un principe de relativité restreinte dont Einstein a montré, prolongeant l'œuvre de Lorentz, qu'il était parfaitement conciliable avec la théorie électromagnétique, à condition de remplacer l'ancienne notion du temps absolu par celle d'un temps relatif, directement accessible à l'expérience grâce à l'emploi de signaux lumineux ou hertziens. L'importance et la fécondité de ce renouvellement de la notion de temps se retrouvent, encore accrues, dans la seconde partie de l'œuvre d'Einstein dans cette direction, celle qui concerne la relativité généralisée, où la critique de la notion d'espace et l'abandon du point de vue euclidien ont jeté une lumière imprévue sur le mystère de la gravitation et renouvelé l'astronomie sous ses divers aspects, mécanique et physique.

Je tiens à rappeler, à cette occasion, la circonstance émouvante qu'a représentée, en 1922, cette visite d'Einstein au cours de laquelle, sur l'invitation du Collège de France, il est venu y discuter les idées géniales qui semblaient, en raison même de leur importance, difficiles à admettre pour beaucoup de bons esprits. Dans le court laps de temps qui s'est écoulé depuis, les idées nouvelles non seulement ont eu gain de cause, mais se sont incorporées à toute la physique au point d'être devenues des instruments indispensables de travail et de découverte, du côté expérimental aussi bien que du côté théorique. L'expérience a vérifié les conséquences prévues par Einstein en relativité restreinte comme en relativité généralisée, et c'est grâce à la cinématique nouvelle que M. Louis de Broglie a pu, tout d'abord, développer les idées qui ont conduit au remarquable développement actuel de la mécanique ondulatoire. La conformité aux conditions imposées par le principe de relativité, restreint ou généralisé, est devenue un critérium d'exactitude et fournit un contrôle des nouvelles théories. Au milieu des difficultés de plus en plus grandes devant lesquelles se trouve aujourd'hui la physique théorique, le nouveau principe, plus encore peut-être que celui de la conservation de l'énergie, représente un des rares points d'appui qui nous restent pour la construction des représentations nouvelles dont la nécessité s'affirme chaque jour plus impérieuse.

Ceci m'amène, pour terminer, en liaison toujours avec le rôle joué par notre maison, à dire quelques mots de cette crise nouvelle, celle des quanta, qui marquera certainement, dans l'évolution de nos idées, une étape pour le moins aussi importante que celle de la relativité. D'après les indications déjà fournies



Hellö, Schulzenberger, Paris

JEAN-BAPTISTE BIOT

1774-1862

J. B. Biot

INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

LA VIE ET L'ŒUVRE

DE

JEAN-BAPTISTE BIOT

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

LECTURE FAITE DANS LA SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU 12 DÉCEMBRE 1927

PAR

M. ÉMILE PICARD

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

MESSIEURS,

La vie des savants ne présente pas en général une grande variété. La nécessité, pour beaucoup d'entre eux, de se confiner dans des études très limitées afin de faire œuvre utile, quelquefois un manque de curiosité pour les parties de la science qui ne touchent pas à leur spécialité, donnent assez souvent quelque monotonie à la narration de leur carrière. En outre, tandis que l'homme apparaît fréquemment dans l'œuvre de l'historien, du littérateur, du philosophe, on le voit et le sent plus rarement à travers le labeur scientifique beaucoup plus impersonnel. Sans doute, le talent d'un Fontenelle a su, pour ceux dont il prononçait l'éloge, faire honneur de leurs qualités morales à l'influence sur les âmes et les caractères de la culture de la science

INSTITUT.

1927. — 37.

désintéressée, et cette influence, nous aimons du moins à le penser, est de tous les temps. Fontenelle, comme l'a écrit Voltaire, a aussi excellé dans l'art de répandre la lumière et les grâces sur les sciences abstraites. Il a maintes fois célébré dans ses éloges le charme et les beautés de l'Algèbre et de la Géométrie, et a réussi à rendre intéressants des géomètres et des algébristes à un public étranger aux sciences mathématiques. Mais, à cette époque déjà lointaine, les savants n'étaient pas si étroitement spécialisés, et peut-être la science intimement mêlée à la philosophie était-elle plus humaine. Aussi depuis lors, vos Secrétaires perpétuels, en choisissant le sujet de leurs lectures dans les séances annuelles, ont-ils été souvent obligés de laisser de côté des savants éminents, sur les travaux austères desquels ils auraient craint de ne pouvoir répandre la lumière et les grâces dont parlait Voltaire à propos de Fontenelle.

Dans la première moitié du siècle dernier les sciences brillèrent dans notre pays d'un incomparable éclat. C'était le temps de Laplace, de Berthollet, de Fourier, de Cuvier, d'Ampère, de Fresnel, de Cauchy; et, à côté de ces géants de la science, que de savants de grande renommée, ayant attaché leurs noms à d'importantes découvertes. Un d'eux a été oublié par nos prédécesseurs; c'est Jean-Baptiste Biot, que l'on peut placer en première ligne parmi ceux qui, au second rang, honorèrent la science française par leur labeur acharné, leur esprit curieux et fin, et leur vaste intelligence capable de tout embrasser. Personne moins que Biot n'a été un savant spécialisé dans un étroit domaine. Géomètre, astronome, physicien, chimiste, il fut en même temps un lettré et un érudit, se délassant de ses calculs et de ses expériences par des études sur les grandes découvertes scientifiques du xvii^e siècle, et sur l'Astronomie des Égyptiens et des Chinois. Essayons de faire revivre cette physionomie intéressante à plus d'un titre.

..

Jean-Baptiste Biot naquit à Paris le 21 avril 1774. Quand il eut terminé ses humanités au Collège Louis-le-Grand, ses parents le destinant

au commerce l'envoyèrent au Havre chez un négociant. Biot, ressentant déjà un goût très vif pour les sciences, se soumit avec peine à une besogne qui ne l'intéressait pas. Aussi, dès qu'il eut dix-huit ans, profitant de la loi sur les engagements volontaires, il s'engagea le 18 septembre 1792, comme simple canonnier. Il partit pour l'armée du Nord, ayant dans son sac l'Algèbre de Bezout, et prit part à la bataille de Hondschoote. La bravoure du jeune canonnier appela l'attention de ses chefs et de ses camarades, qui voulurent le retenir sous les drapeaux à la fin de son engagement. Mais il refusa l'avancement qui allait lui être donné par voie d'élection. Sa santé d'ailleurs était gravement compromise, et, n'attendant même pas le congé qu'il avait demandé, il quitta l'armée en septembre 1793 pour revenir à Paris. Biot racontait plus tard que cette fugue aurait pu avoir les plus graves conséquences, si le hasard ne lui avait fait rencontrer sur la route un personnage important, probablement Saint-Just, qui, le prenant on ne sait pourquoi sous sa protection, le fit monter dans sa voiture et le ramena dans la capitale.

Au début de 1794, l'ancien engagé de l'armée du Nord entra à l'École des Ponts et Chaussées, mais il y resta peu de temps. Dans le courant de l'année avait été créée l'École Centrale des travaux publics, qui prenait le 1^{er} septembre 1795 le nom d'École Polytechnique. Biot fut avec Poinsot et Malus de la première promotion de la nouvelle École. Le programme d'entrée était simple; les candidats devaient avoir une bonne conduite, être attachés aux institutions républicaines, connaître l'Arithmétique et les éléments de l'Algèbre et de la Géométrie. En fait, les examinateurs s'efforçaient de juger des qualités intellectuelles des candidats; le souci de leur instruction mathématique ne venait qu'ensuite. On sait que Poinsot fut admis, quoiqu'il ne sût pas d'algèbre, mais ayant promis de l'apprendre avant la rentrée. Les connaissances scientifiques de Biot allaient au contraire bien au delà du mince programme exigé, et le Traité d'Algèbre de Bezout lui était familier. Aussi fut-il à l'École un des moniteurs ou chefs de salle chargés de répéter les leçons des professeurs, qui furent au début

Lagrange, Prony, Monge, Berthollet, et d'autres dont la renommée contribua au succès de la nouvelle institution. Les relations étaient intimes entre les maîtres et les élèves les plus distingués de l'École; c'est ainsi que Biot fut remarqué de Monge, dont il a toujours parlé avec respect et reconnaissance. Un jour cette amitié lui fut singulièrement utile. Le 13 vendémiaire an III, plusieurs polytechniciens, parmi lesquels Biot et Malus, s'étaient joints à la petite armée des sections, luttant, sinon contre la Convention expirante, du moins contre les débris des Comités révolutionnaires que Barras avait appelés à son secours. Les deux jeunes gens étaient sur les marches de l'Église Saint-Roch, quand la mitraille du Général Bonaparte les contraignit à une retraite précipitée. Biot et Malus ne purent sortir de l'asile où ils s'étaient réfugiés que grâce à Monge, celui-ci ayant menacé de quitter l'École Polytechnique, si ses deux élèves n'étaient pas autorisés à y rentrer.

En sortant de l'École Polytechnique, Biot retourna à l'École des Ponts et Chaussées, mais il abandonna bientôt la carrière d'ingénieur convenant peu à ses goûts, et continua ses études scientifiques. Nous le trouvons en 1797 à Beauvais, professeur à l'École Centrale de l'Oise, où il enseigne les mathématiques et l'astronomie, et c'est de cette époque que datent ses premières relations avec Laplace. Cinquante ans plus tard, dans une séance de l'Académie française, Biot a raconté avec quelque solennité les débuts de ses relations avec l'illustre géomètre, qui réunissait alors le magnifique ensemble de ses découvertes dans son Ouvrage *La Mécanique céleste*, et le premier volume était sous presse. Biot lui écrivit pour le prier de permettre que le libraire lui envoyât les feuilles du livre à mesure qu'elles s'imprimaient, ce qui fut accordé, et le professeur de Beauvais eut ainsi accès chez Laplace. Il ne craignait pas de lui soumettre les difficultés qu'il rencontrait dans cette lecture, et aucun savant ne s'étonnera de ce que ces difficultés se présentaient surtout aux endroits où l'auteur avait écrit « Il est aisé de voir ». Une anecdote se place ici, qui témoignait de la délicatesse paternelle de Laplace. Biot venait de terminer son premier travail,

portant sur les équations aux différences mêlées, c'est-à-dire sur une catégorie de relations analytiques où entrent à la fois des différentielles ordinaires et des différences finies, sujet qui avait fait autrefois l'objet de quelques tentatives d'Euler. Il le présenta à Laplace qui l'examina avec intérêt et quelque étonnement, et l'engagea à le présenter à l'Institut. Ce n'est qu'après cette présentation, que Laplace, ayant fait venir chez lui son élève, tira d'une armoire un manuscrit déjà ancien, où il avait jadis traité la même question et s'était arrêté devant les mêmes difficultés. Peut-être Biot exagère-t-il la générosité de Laplace en cette circonstance; son travail, plein de promesses pour un débutant, n'était pas d'un grand intérêt, et l'illustre continuateur de Newton pouvait laisser à un autre ces quelques résultats.

En même temps qu'il lisait la Mécanique céleste, Biot continuait ses recherches sur les équations différentielles et les équations aux différences finies, que Laplace présentait avec éloges, et le 5 prairial an VIII il était nommé associé non résidant, c'est-à-dire Correspondant de la Section de Mathématiques de la première classe de l'Institut national. L'année suivante, il devenait professeur de physique mathématique au Collège de France, à l'âge de 26 ans. Sans avoir fait jusque-là de découvertes importantes, Biot possédait déjà une vaste érudition et avait réfléchi sur les points les plus essentiels des sciences physico-mathématiques, telles qu'elles étaient alors constituées. Ses goûts littéraires n'étaient pas moins vifs, et il fréquentait les salons avec sa jeune femme qui joignait à beaucoup d'esprit une instruction étendue et variée. Son *Essai sur l'histoire générale des sciences pendant la révolution française*, écrit en 1803, témoigne d'un grand enthousiasme scientifique; on y trouve un écho de l'ardeur juvénile du canonnier d'Handschoote. Biot y montre les services éclatants rendus par les sciences, alors qu'il fallait lever des armées, qu'il n'y avait ni armes ni poudre, et que la France semblait sur le point de périr. Mais, comme il le dit : « Ce n'est pas seulement le calme que j'ai peint, mais aussi la tempête. J'ai voulu montrer les sciences luttant avec toutes leurs forces contre la plus violente des révolutions, lorsque tout

était conjuré pour les détruire, qu'elles étaient proscrites, persécutées, et que, au milieu de cette persécution même, elles tiraient encore de leur propre sein le salut de la patrie. » Biot conclut d'ailleurs avec l'optimisme du siècle précédent que « ces événements mémorables ont prouvé aux races futures qu'il n'est point de tyrannie assez pesante pour replonger l'esprit humain dans les abîmes de l'ignorance dont il est sorti pour toujours ». Dans maint passage de l'*Essai* apparaît l'influence des idées de Laplace. Biot, comme Laplace, avait ce culte élevé de la Science, dont on trouve l'expression à la fin de l'*Exposition du Système du monde* : « L'astronomie par la dignité de son objet et par la perfection de ses théories, écrivait Laplace, est le plus beau monument de l'esprit humain.... Conservons avec soin, augmentons le dépôt de ces hautes connaissances, les délices des êtres pensants. Elles ont rendu d'importants services à la Navigation et à la Géographie; mais leur plus grand bienfait est d'avoir dissipé les craintes produites par les phénomènes célestes, et détruit les erreurs nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature, erreurs et craintes qui renaîtraient promptement, si le flambeau des sciences venait à s'éteindre. » Sur plus d'un point les idées philosophiques de Biot se modifièrent avec les années, mais il conserva jusqu'au dernier jour de sa longue vie l'amour ardent et désintéressé de la science.

Biot était toujours prêt pour les missions que le Gouvernement et l'Institut lui proposaient. Un météore ayant été observé dans le département de l'Orne, il est chargé de faire une enquête sur la réalité du phénomène. Il s'agissait d'une explosion violente qui avait duré de cinq à six minutes, et avait été entendue à près de trente lieues à la ronde; elle avait été précédée de l'apparition, aperçue de très loin, d'un globe enflammé d'un éclat très brillant et se mouvant avec une grande rapidité dans l'atmosphère. Biot fait son enquête avec un soin extrême, rapprochant les témoignages de toute nature qu'il a pu recueillir. A la suite de l'explosion, une pluie de pierres avait été

lancée par le météore sur une étendue de plus de deux lieues carrées. L'analyse chimique de nombreux morceaux recueillis donna surtout de la silice et de l'oxyde de fer, de la magnésie, un peu de soufre et de nickel. « Je m'estimerai heureux, dit Biot en terminant son rapport, si l'on trouve que j'ai réussi à mettre hors de doute un des plus étonnants phénomènes que les hommes aient jamais observés. » En fait, la météorite de Laigle est une des premières qui se présentent avec un haut caractère d'authenticité.

On sait que, par arrêté consulaire du 3 pluviôse, an XI (23 janvier 1803), l'organisation de l'Institut a été modifiée. Au lieu des trois classes établies en 1795, il y eut quatre classes, dont la première, celle des sciences mathématiques et physiques, correspond à notre Académie des sciences actuelle. Cette classe fut divisée en onze sections, et les membres anciens furent distribués dans ces nouveaux cadres. Le Secrétaire annuel fut remplacé par deux Secrétaires perpétuels, hors sections. Il résulte d'une lettre de Duméril à Cuvier, conservée dans les Archives de l'Institut, que, dans le projet primitif du premier Consul, celui-ci devait nommer aux places vacantes sur une liste de deux candidats proposée par la Classe. Il n'en fut rien heureusement, et l'Institut conserva son indépendance, ses choix devant seulement, comme aujourd'hui encore, être approuvés par le Chef de l'État. Delambre et Cuvier furent les deux premiers Secrétaires perpétuels. La nomination de Delambre laissait une place vacante dans la section de Géométrie : Biot y fut élu, retrouvant dans cette section Lagrange, Laplace, Legendre, Bossut et Lacroix. Quelques années après, en 1809, il était nommé professeur d'Astronomie à la Faculté des sciences, lors de la réorganisation de l'Université.

Disciple tout d'abord de Monge et de Laplace, Biot passa des mathématiques pures à l'Astronomie mathématique. Après avoir étudié la Mécanique céleste, il voulut devenir observateur des phénomènes dont il avait approfondi les lois. C'est ainsi que, après l'astronomie théorique, il cultiva l'astronomie pratique, et l'usage des instruments le rendit ensuite physicien.

Saussure, après une série d'observations faites à 3400^m au Col du Géant, avait annoncé que l'intensité magnétique éprouve à cette hauteur un affaiblissement sensible. Pour vérifier ce résultat, qui inspirait quelques doutes, Biot et Gay-Lussac firent en 1804 une ascension en ballon, munis de tous les instruments nécessaires, mais ils ne dépassèrent pas 4000^m, et aucune conclusion nette ne se dégagait. Peu après, Gay-Lussac reprit seul l'expérience et s'éleva à plus de 7000^m, sans pouvoir répondre d'ailleurs d'une manière précise à la question posée. Le principal résultat de son voyage est relatif à la composition constante de l'air atmosphérique jusqu'à une hauteur de 7000^m. Les ascensions de Biot et de Gay-Lussac sont les premières qui aient été exécutées dans un but scientifique. Depuis lors, les questions de physique du Globe ne cessèrent jamais d'intéresser Biot. Ainsi la scintillation des étoiles, les auréoles boréales sollicitèrent son attention. Dans ces dernières il constata l'absence complète de polarisation de la lumière, ce qui prouve, dit-il, que cette lumière ne vient pas d'un phénomène de réflexion ou de réfraction, et que les aurores sont lumineuses par elles-mêmes. On sait qu'on les regarde aujourd'hui comme dues à des électrons venant du Soleil, ayant pénétré dans l'atmosphère et soumis à l'action du magnétisme terrestre.

C'est en 1805 que commencèrent les relations de Biot avec François Arago, au moment où celui-ci sortait de l'École Polytechnique. Ils avaient plusieurs points communs, une vive curiosité d'esprit avec une remarquable puissance de travail et une intelligence capable d'études variées. Contrairement au proverbe, qui se ressemblent ne s'assemblent pas toujours, et les rapports entre Biot et Arago ne furent pas par la suite d'une grande cordialité. Pour le moment, Biot associe son jeune camarade à un travail que, à l'instigation de Laplace, il venait d'entreprendre pour continuer des recherches commencées par Borda. Leur étude est intitulée : « Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière et particulièrement sur les forces réfringentes des différents gaz ». Ils y démontrent la proportionnalité à la densité de ce qu'ils appellent le pouvoir réfringent d'un gaz, résultat de grande

importance pour l'astronomie, puisque le calcul des réfractions atmosphériques s'appuie sur ce résultat; signalons encore une règle relative au calcul du pouvoir réfringent d'un composé à l'aide des pouvoirs réfringents de chacun des corps constituants, ainsi que la détermination de la densité de l'air par rapport au mercure, ce qui permet aux auteurs de calculer théoriquement la constante de la formule barométrique.

..

La collaboration de Biot et d'Arago ne devait pas en rester à ces travaux. On sait l'effort considérable fait au moment de l'établissement du système métrique pour obtenir les dimensions exactes de la Terre; l'idée essentielle des fondateurs de ce système était qu'il fallait chercher dans la nature une unité que l'on serait toujours en mesure de retrouver, si par malheur les étalons venaient à disparaître. Nous n'avons certes plus aujourd'hui la même confiance dans l'indéformabilité de notre planète, et nous donnons du mètre une autre définition; mais de nouvelles opérations géodésiques sont toujours d'un haut intérêt, ne fût-ce que pour constater les déformations du globe terrestre. Une première mesure de la figure de la Terre, remarquable pour l'époque, avait été faite en France par l'astronome Picard au ^{xvii}^e siècle, et cette mesure avait servi à Newton pour appliquer à la Lune ses idées sur la gravitation universelle. Puis étaient venus les travaux de Bouguer et La Condamine, Clairaut et Maupertuis au siècle suivant. Plus récemment, Delambre et Méchain, munis d'instruments nouveaux dus à Borda, avaient entrepris une nouvelle mesure de la Terre d'après l'observation d'un arc de méridien entre Dunkerque et Barcelone. On décida peu après que cet arc serait prolongé de plusieurs degrés vers le Sud. Méchain s'était dévoué pour cette opération, mais il mourait bientôt de la fièvre dans une petite commune de la province de Valence. Le Bureau des Longitudes confia à Biot et Arago le soin de poursuivre l'opération, en continuant les mesures jusqu'à l'île de Majorque et aux petites îles d'Iviça et de Formentera. Avec les instru-

ments en usage des difficultés considérables se présentaient. Pour relier Iviça à la côte d'Espagne, il fallait former un triangle dont un sommet fût dans l'île et la base sur le continent; la distance était d'environ quarante lieues. Les signaux étant invisibles le jour, on devait observer la nuit et se servir de lampes à courant d'air derrière lesquelles était placé un grand miroir de métal poli. Biot a raconté les péripéties par lesquelles passèrent les observateurs établis sur des sommets étroits qui offraient à peine la place nécessaire pour une tente et les instruments. Il revint à Paris, quand la triangulation des îles fut terminée, laissant à Arago le soin de continuer les opérations sur le continent et de rattacher les triangles obtenus à ceux de Méchain. Dans un volume intitulé *Histoire de ma jeunesse*, Arago a dit combien cette jonction fut pénible et dangereuse par suite de la guerre de 1808 entre la France et l'Espagne. Ces campagnes géodésiques font le plus grand honneur à Biot et à Arago. Ce dernier à son retour fut nommé membre de l'Académie des sciences à l'âge de vingt-trois ans. Une technique nouvelle et des moyens plus puissants ont permis de donner plus d'ampleur aux grandes opérations géodésiques effectuées depuis lors, et les souhaits par lesquels Biot terminait son mémoire ont été largement réalisés. « Si jamais la civilisation européenne, écrivait-il, parvient à s'établir sur les côtes d'Afrique, rien ne sera plus facile que de traverser la Méditerranée par quelques triangles, en prolongeant notre chaîne dans l'Ouest; après quoi, remontant la côte d'Afrique jusqu'à la ville d'Alger, qui se trouve sur le méridien de Paris, on pourra porter l'extrémité de notre méridienne jusqu'au sommet du mont Atlas. » Les opérations n'ont pas été aussi faciles que le pensait Biot, mais le but a été atteint, et l'arc anglo-franco-espagnol, s'étendant de Laghouat aux îles Shetland, embrasse vingt-sept degrés de latitude.

On trouve encore le nom de Biot dans l'histoire de la prolongation vers le Nord de la méridienne de Delambre. Une triangulation avait été faite en Angleterre depuis le sud des Îles Britanniques jusqu'au nord de l'Écosse. Il était à souhaiter que cet arc pût se joindre à l'arc

de France. De concert avec les ingénieurs militaires anglais, il fut décidé que les opérations seraient prolongées jusqu'à la plus septentrionale des îles Shetland. L'enthousiasme de Biot pour ce projet grandiose apparaît dans les lignes suivantes : « Ce grand arc qui, partant des îles Baléares, traverse l'Espagne, la France, l'Angleterre, l'Écosse, et s'arrête aux rochers de la Thulé antique, étant combiné avec l'aplatissement de la Terre qui se déduit des mesures du pendule ou de la Théorie de la Lune, ne donnera-t-il pas pour le *mètre* la détermination la plus complète, et, si l'on ose dire, la plus européenne que l'on puisse espérer jamais. » Biot a consacré à ses travaux sur la mesure de la Terre plusieurs notices d'un tour très littéraire. Dans l'une d'elles, il décrit la région désolée des Shetland, où les marées de l'Atlantique, heurtant celles qui viennent de la mer de Norvège, causent une éternelle tempête, et où fut anéantie la flotte de Philippe II : « Ce n'étaient plus, nous dit-il, ces îles fortunées de l'Espagne, ces riantes contrées, ce jardin de Valence, où les orangers et les citronniers en fleur répandent leurs parfums autour du tombeau d'un Scipion, ou sur les ruines de l'ancienne Sagonte. » Biot n'est pas moins attentif à observer les habitants des pays où le conduisent ses recherches scientifiques. Il admire aux Shetland le caractère et les mœurs austères des populations vivant dans une paix profonde loin des agitations de l'Europe, à l'abri des récifs dont elles sont entourées. En Écosse, il s'étend longuement sur les habitudes religieuses et morales du peuple et le mode d'éducation donné dans les Écoles paroissiales.

Dans la suite, Biot revint plusieurs fois aux études géodésiques. Après avoir mesuré les longueurs des degrés terrestres et les variations d'intensité de la pesanteur sur un arc entre les Shetland et les Baléares, il voulut étudier en Italie et en Espagne la courbure du sphéroïde le long de certains parallèles, recherche nécessaire pour reconnaître dans quelle mesure ce sphéroïde peut être regardé comme un ellipsoïde de révolution. Sa conclusion fut que les longueurs observées du pendule sur les parallèles choisis ne conduisaient pas à l'aplatissement ter-

restre donné par la théorie de la lune, ni à celui fourni par la formule de Clairaut où intervient le carré du sinus de la latitude.

* * *

Dans une de ses missions géodésiques Biot traversant l'Italie obtint à Rome une audience du pape Léon XII; un incident qui précéda sa visite se rattache à l'article très documenté qu'il venait d'écrire sur le procès de Galilée, et où il s'était efforcé de prouver, avec succès d'ailleurs, que dans ses interrogatoires Galilée avait été menacé de la torture, mais qu'on en était resté à la menace. Un dominicain, que Biot sut plus tard être le Commissaire général du Saint-Office, attendait aussi dans l'antichambre pontificale; il lia conversation avec le physicien français, et lui parla de son article sur Galilée, insistant vivement sur la conduite de ce dernier à l'égard du pape Urbain VIII qu'il avait ridiculisé dans ses dialogues sous le nom de Simplicius, alors que le pontife avait jadis témoigné beaucoup d'estime à Galilée et lui avait conseillé de présenter ses doctrines au simple titre de spéculations mathématiques; on sait en effet que, dans la philosophie scolastique, le physicien examine ce qui concerne l'essence du ciel et des astres, tandis que le mathématicien se préoccupe seulement de l'ordre des corps célestes, son but étant atteint quand ses constructions géométriques assignent à chaque astre errant une marche conforme à celle relevée par les observations. Les torts personnels de Galilée auraient ainsi grandement contribué à sa perte; sa condamnation se trouvait expliquée par son manque d'égards envers Urbain VIII et par le désir d'éviter la divulgation de doctrines ruinant la physique d'Aristote. Sans discuter cette explication un peu sommaire, Biot profita de cette rencontre pour savoir où étaient les pièces originales du procès; transportées à Paris avec les archives pontificales pendant l'Empire, elles avaient disparu pendant les Cent jours. L'article de Biot intitulé « La vérité sur le procès de Galilée » est écrit du style élégant et précis qui lui est habituel; on y voudrait seulement plus de chaleur

et de sympathie pour le grand Florentin. Depuis lors, le dossier complet du célèbre procès a été retrouvé et communiqué. Il a donné naissance à de nouvelles publications, mais, en ce qui concerne les faits, rien d'essentiel n'a été changé aux conclusions de Biot.

Biot se fit remarquer pendant toute sa vie par l'indépendance de son caractère. En 1804, quand l'Institut vota une motion demandant au premier Consul de revêtir la dignité impériale, Biot protesta, disant qu'un corps savant doit rester étranger à toute politique, opinion plus ou moins juste d'ailleurs suivant le sens que l'on donne au mot *politique*.

Quoique Bonaparte l'eût encouragé au début de sa carrière, Biot montra toujours à son égard une grande froideur, surtout après le meurtre du duc d'Enghien. Il ne fit jamais sa partie dans le concert d'éloges et de flatteries, qui firent bientôt cortège à l'Empire. Ainsi ayant été chargé par Fontanes de prononcer le discours à la première distribution des prix du Concours général, il se vit retirer cette mission après son refus d'insérer dans son texte un éloge de l'Empereur; ce ne fut pas sans regrets, car il se proposait de parler de l'alliance des sciences et des lettres, sujet qui lui tenait particulièrement à cœur. Après cet incident, il ne pouvait s'attendre aux faveurs impériales. Chaque fois que Laplace sollicitait pour lui la croix de la Légion d'honneur, Napoléon répondait : « il est trop jeune », et il n'obtint cette distinction qu'après la chute de l'Empire. Le Gouvernement de la Restauration eut certainement les préférences de Biot, préférences d'ailleurs toutes platoniques. On ne le voyait pas dans les antichambres ministérielles, et alors que des savants illustres n'étaient pas moins empressés auprès du nouveau Gouvernement qu'ils l'avaient été sous l'ancien, obtenant titres nobiliaires et pairies, Biot ne rechercha ni n'obtint aucune de ces situations qui donnent une grande influence; il ne fut jamais membre de ce Conseil Royal de l'Instruction publique, qui fit peser souvent une lourde tyrannie sur l'Université. Biot, il est vrai, disait leurs vérités même à ses amis, et il blâma la Restauration elle-même, ne craignant pas de donner son opinion sur l'exclusion de

Monge de l'Académie des sciences en 1816 : « L'exclusion de Monge, a-t-il écrit, fut une inhumanité politique et un deuil pour l'Académie. Monge n'avait pas siégé dans les assemblées révolutionnaires ; il avait, comme tant d'autres, courbé la tête sous la Terreur, qui par malheur pour lui le porta au Ministère de la Marine à l'époque de la mort du roi. On aurait pu ne pas s'en souvenir, quand on avait eu Fouché pour ministre. » Biot semble avoir été de ces hommes que leur tempérament pousse à être toujours dans l'opposition, et qui passent pour avoir mauvais caractère. Il ne fut ni pair de France ni sénateur ; comme il l'a dit d'un de ses confrères, on ne le rechercha point et il ne s'offrit pas.

* * *

Une grande partie des recherches scientifiques de Biot a été consacrée à l'optique. Arago, en 1811, avait réalisé des expériences mémorables relatives aux couleurs produites par la lumière polarisée. Un faisceau de lumière blanche polarisée avait traversé perpendiculairement une lame mince transparente appartenant à un cristal biréfringent et taillée parallèlement à l'axe de celui-ci ; Arago étudiant ce faisceau avec un analyseur, un prisme de spath par exemple, reconnut que les deux images fournies par le spath sont colorées de teintes complémentaires. Quand on faisait tourner la lame autour du rayon polarisé qui lui demeurait perpendiculaire, les images devenaient blanches et échangeaient ensuite leurs couleurs. Un nouveau et remarquable chapitre venait s'ajouter à l'optique, celui de la polarisation chromatique. Bientôt après le hasard offrit à Arago un second phénomène plus important encore par les voies nouvelles qu'il a ouvertes aux théories de l'optique. La lame de quartz étant taillée perpendiculairement à son axe cristallographique, l'expérience précédente est reprise ; on voit encore dans les deux images des colorations complémentaires, qu'on pourrait confondre avec les précédentes, si elles n'offraient ce caractère particulier qu'elles ne varient pas quand c'est la lame qu'on fait tourner, et qu'elles passent au contraire par une

série de couleurs rappelant celles des bulles de savon quand on imprime une rotation au spath servant d'oculaire. Arago montra qu'on pouvait rendre compte de cette expérience, en supposant que les rayons diversement colorés sont, en sortant de la plaque de quartz, polarisés suivant différents plans. Le phénomène nouveau consistait donc en une rotation; c'est une polarisation *rotatoire*, nom que lui donna Arago et qui a été conservé. Arago n'approfondit pas davantage les brillantes trouvailles qu'il venait de faire. Son esprit était doué d'une admirable clairvoyance, mais il ne se souciait pas d'études approfondies; sa curiosité une fois satisfaite, il passait à d'autres recherches. C'est ainsi que, après l'expérience célèbre d'OErstedt qui venait de révéler une parenté entre l'électricité et le magnétisme, Arago prit un fil de cuivre traversé par un courant et le plongea dans de la limaille de fer qui fut aussitôt attirée et resta suspendue pendant le passage du courant; la télégraphie électrique devait trouver là son origine ⁽¹⁾. En une autre occasion, une observation de Gambey sur la boussole amena Arago à constater l'entraînement d'une aiguille aimantée par un disque de cuivre tournant dans le voisinage, expérience mémorable qui aurait pu le conduire à la découverte de l'induction faite un peu plus tard par Faraday.

Biot, avec son esprit patient et tenace, reprit deux ans après leur publication les expériences d'Arago sur la polarisation. Celui-ci en conçut un vif dépit et trouva que Biot lui dérobait son bien. Depuis lors, leurs rapports se tendirent : « Pourquoi aussi vous êtes-vous occupé d'optique » dit un jour Arago à Biot au Bureau des Longitudes, et Biot de répondre : « Je ne savais pas que la science fût en régie. » On doit à Biot une étude détaillée des phénomènes de polarisation

⁽¹⁾ On sait que Arago fit connaître son expérience à Ampère. Celui-ci en déduisit qu'on obtiendrait un aimant en enroulant autour d'une aiguille d'acier ou de fer un fil traversé par un courant. Remarquons incidemment que cet exemple, entre bien d'autres, montre quelles difficultés on rencontrera quand on voudra fixer les règles de la propriété scientifique dont on parle beaucoup aujourd'hui et rechercher la part de chacun dans une invention : telle ici la télégraphie électrique.

chromatique; il réussit à enfermer dans des formules simples d'un caractère empirique toutes les variétés de couleurs présentées par les lames cristallisées dans les expériences d'Arago. Il s'efforça ensuite dans des travaux ultérieurs de rattacher ses résultats à des vues théoriques.

On sait que la seconde moitié du xvii^e siècle vit se développer deux théories différentes sur la nature de la lumière. Dans la théorie des ondulations, Huyghens n'admet pas dans les phénomènes lumineux un transport de substance; c'est de la propagation du son qu'il rapproche la propagation de la lumière, et pour lui celle-ci s'étend successivement par onde dans un milieu éthéré. De cette transmission à travers un *éther* élastique, Huyghens déduisait les lois de la réfraction et tirait aussi une théorie de la double réfraction dans le spath d'Islande. Cette théorie des ondes fut oubliée pendant un siècle et demi sous l'influence du grand nom de Newton. Celui-ci, d'abord partisan de la théorie des ondulations, y avait renoncé, estimant qu'elle ne pouvait expliquer la propagation rectiligne de la lumière. Il avait alors adopté une théorie d'émission, d'après laquelle de petits corpuscules émanés des corps lumineux produisent la vision en frappant notre rétine, admettant néanmoins l'existence d'un milieu animé de vibrations très rapides dans lequel se meuvent ces corpuscules. D'ailleurs les molécules lumineuses, qui se suivent sur un même rayon, ne se trouvent pas dans les mêmes circonstances physiques; Newton les regarde comme différemment orientées, par suite d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes. Aussi, quand elles rencontrent un corps qui puisse les réfléchir ou les réfracter, elles ne sont pas également disposées à subir son action. C'est ainsi que la réflexion et la réfraction étaient expliquées, en attribuant une structure périodique à tout rayon de lumière simple avec des accès de plus facile *réflexion* et de plus facile *transmission*, et ainsi apparaissait en optique l'idée de périodicité que l'on retrouve dans les diverses théories de la lumière. Pour rendre compte des diverses couleurs du spectre, dont l'étude expérimentale est un de ses plus beaux titres de

gloire, Newton avait imaginé une longueur d'accès fixe pour une couleur donnée et variant d'une couleur à une autre.

Biot a dépensé de grands efforts pour développer une théorie mathématique de la lumière en partant des idées newtoniennes sur les molécules lumineuses. A la périodicité des accès et aux variations de leurs longueurs, il ajoute la considération de leur intensité et il cherche à analyser les forces attractives ou répulsives par lesquelles la polarisation s'opère. Dans certains cas, l'effet de ces forces se borne à disposer les axes des molécules d'un même rayon parallèlement les uns aux autres. C'est ce phénomène que Malus a désigné sous le nom de *polarisation*, en assimilant l'effet des forces qui agissent dans ce cas à l'influence d'un aimant qui tournerait dans la même direction les pôles d'une série d'aiguilles magnétiques. Dans d'autres cas, les molécules lumineuses se partagent dans la lame cristalline en deux groupes oscillant respectivement autour de la section principale et de la direction perpendiculaire, ce qui constitue la *polarisation mobile*. Biot a dit d'ailleurs expressément qu'il ne voyait dans cette théorie qu'une représentation des phénomènes, attachant seulement de l'importance aux lois physiques qu'il en déduisait.

Biot crut trouver des confirmations de ses formules dans les nombreuses et délicates expériences qu'il ne cessait de poursuivre; il expliquait aussi par sa théorie de la polarisation mobile les observations d'Arago sur la polarisation chromatique. Vers la même époque, un physicien de génie Augustin Fresnel commençait ses admirables recherches sur l'optique. Les théories de l'émission et des ondulations allaient se heurter en la personne de Biot et celle de Fresnel. Dans un mémoire relatif aux couleurs de lames cristallisées, Fresnel combat, en même temps que la théorie compliquée de la polarisation mobile de Biot, tout le système de l'émission, et il trouve dans les interférences la clef de tous les phénomènes qu'engendrent les corps cristallisés doués de la double réfraction. Les travaux de Fresnel sont restés classiques, et les mémoires de Biot sur la théorie de l'émission sont aujourd'hui bien oubliés. Dans son éloge de Fresnel, Arago pensant à

Biot et aux partisans de la théorie de l'émission a écrit : « Fresnel a renversé de fond en comble plusieurs romans scientifiques dont les phénomènes de coloration dans les plaques cristallisées avaient été l'occasion, et qui faisaient plus d'un prosélyte, soit à raison de tout ce qu'on y remarquait de piquant, soit à cause du mérite distingué de leurs auteurs. » En 1830, quand Arago écrivait ces lignes, on était à l'époque héroïque de la théorie des ondulations, qui allait régner pendant de longues années, et l'on eût bien étonné Arago en lui disant qu'elle serait abandonnée un jour, au moins partiellement, par une école de physiciens rejetant l'hypothèse de l'éther. Voltaire avait raison quand il comparait toute théorie à une souris : « elle passe, disait-il, dans neuf trous, mais *elle est arrêtée par le dixième* ». Il arrive toujours en effet un moment où des faits nouveaux et des expériences plus précises obligent à modifier une théorie, et ce n'est pas là un des moindres enseignements donnés par l'histoire des sciences.

.*.*

Il est intéressant de se reporter longtemps après aux objections adressées aux théories. Dans ses lettres à une princesse d'Allemagne, Euler, resté à peu près seul au xviii^e siècle partisan de la théorie ondulatoire, avait objecté au système newtonien que l'émission continue de corpuscules lumineux par le soleil devrait finir par diminuer son diamètre, et aussi que des milliards de corpuscules pénétrant dans une chambre obscure par des trous très petits devraient s'entrechoquer et ne pas former des images nettes des objets extérieurs. Arago, discutant la théorie de l'émission, répond aux objections d'Euler; mais, pour l'illustre astronome, l'objection capitale à cette théorie est qu'elle suppose, une action attractive ou répulsive exercée par les corps sur les rayons lumineux passant dans leur voisinage. Or on se rappelle à quelles controverses a donné lieu récemment la recherche de l'attraction exercée par le soleil sur un rayon lumineux venant d'une étoile et rasant le soleil. L'objection d'Arago n'est pas plus définitive que celles d'Euler. En fait la doctrine primitive de

Newton se rattache à la fois à l'émission et aux ondulations. La physique moderne cherche elle aussi à combiner les deux points de vue avec la théorie des quanta de lumière; les formes sont sans doute très différentes, car dans ce retour à la théorie de l'émission, la particule de lumière a une énergie variable avec la fréquence ⁽¹⁾. Les adversaires de Biot reprochaient au système newtonien de rester trop vague dans les détails. Biot y voyait au contraire un avantage et était tenté de trouver au système des ondulations une forme trop précise ne permettant pas d'introduire des hypothèses supplémentaires. Quelque idée que la science se fasse ultérieurement de la nature de la lumière, il est à craindre que la théorie adoptée ne rencontre un jour *un dixième trou*, par lequel elle ne passera pas.

Les recherches théoriques de Biot sur l'optique ne furent qu'un épisode dans sa vie scientifique. C'est dans l'étude expérimentale de la polarisation rotatoire qu'il a fait œuvre durable, en découvrant les lois de ce phénomène. Il établit que les lames de quartz taillées perpendiculairement à l'axe font éprouver au plan de polarisation d'un rayon de lumière simple qui les traverse une rotation proportionnelle à leur épaisseur; il découvrit ensuite que, suivant l'échantillon choisi, le quartz fait tourner à droite ou à gauche le plan de polarisation. La rotation varie d'ailleurs avec la réfrangibilité du rayon de lumière, augmentant en sens inverse de la longueur d'onde. Biot indiqua la loi approchée d'après laquelle la rotation varie en raison inverse du carré de cette longueur. Une conséquence de cette influence de la réfrangibilité est que, si l'on place normalement aux rayons, entre le polarisateur et l'analyseur, une plaque de quartz perpendiculaire à l'axe, les plans de polarisation des différentes couleurs formant un faisceau de lumière blanche tournent de quantités inégales; on obtient

⁽¹⁾ Les *particules de lumière* ne correspondent pas à une *particule* lumineuse invariable, qui aurait toujours la même énergie (la vitesse étant toujours la vitesse c de la lumière dans le vide). Le quantum de lumière a une énergie $h\nu$, variable avec la fréquence ν (h étant la constante de Planck); ou bien il faut admettre une infinité d'espèces de *particules*.

alors deux images colorées complémentaires. Si, le quartz restant immobile, on imprime un mouvement de rotation à l'analyseur, les colorations de ces images changent d'une manière continue, et dans la lumière blanche il n'est jamais possible d'arriver à une extinction. Biot découvrit à ce sujet que, pour une position convenable de l'analyseur supposé à une seule image, celle-ci prend une teinte caractéristique, à laquelle il a donné le nom de *teinte sensible* ou de *teinte de passage*, à cause de la propriété qu'elle possède de passer du rouge au bleu ou inversement pour un très petit déplacement de l'analyseur. La recherche de la teinte sensible permet une grande précision dans les mesures relatives à la polarisation rotatoire.

Le quartz ou silice cristallisé doit son pouvoir rotatoire à sa texture cristalline. La molécule même de la silice ne la possède pas, comme le montrent la silice en gelée, l'agate, l'opale et le quartz fondu. Le cristal de roche était le seul corps alors connu, jouissant du pouvoir rotatoire, lorsque, en 1815, le hasard, ce grand promoteur des nouveautés physiques, comme dit Biot lui-même, le conduisit à reconnaître cette propriété, d'abord dans l'essence de térébenthine, puis dans les sucres et dans différentes essences, ainsi que dans les dissolutions de quelques sels. Biot reconnut vite la grande importance du fait que dans certaines substances le pouvoir rotatoire appartient aux molécules elles-mêmes, et non à leur état d'agrégation accidentel et momentané. Il fut conduit à une notion très importante en établissant que la rotation rapportée à l'unité de longueur et divisée par la densité est une constante moléculaire caractéristique, à laquelle il donna le nom de *pouvoir rotatoire moléculaire*. Les conséquences de cette découverte allaient être importantes pour l'étude des phénomènes qui se passent dans les dissolutions.

Mais auparavant une question se posait. Si les vues de Biot sur le rôle des molécules étaient justes, la propriété de faire tourner le plan de polarisation doit persister quand la substance passe à l'état de vapeur; aussi tenta-t-il l'expérience sur l'essence de térébenthine vaporisée. « Quel que fût le résultat de l'expérience, écrit-il dans son

mémoire, elle offrirait une conséquence utile, car, ou la térébenthine en vapeur perdrait son pouvoir rotatoire et alors il en résulterait que les molécules d'un liquide changeant de forme en devenant vapeur, ou elles le conserveraient et il en résulterait que cette propriété appartient bien à la molécule. » L'expérience fut d'abord pleinement démonstrative. On faisait la visée à travers un long tube rempli de vapeur d'essence de térébenthine, et l'appareil avait été disposé de telle sorte qu'il n'y eût qu'une seule image si la vapeur était inactive. Or une seconde image apparut quand la vapeur devint abondante. Biot se préparait à mesurer la rotation en tournant l'analyseur, quand une explosion se produisit. Le couvercle de la chaudière sauta en l'air, la vapeur et le liquide s'enflammèrent, et une colonne de feu s'éleva à une hauteur considérable, incendiant le plafond de l'Orangerie du Luxembourg, où avait lieu l'expérience. L'observation mémorable de Biot établissait l'existence du pouvoir rotatoire des vapeurs, mais de nouvelles études étaient nécessaires pour reconnaître le sens de ce pouvoir et le comparer à celui du liquide vaporisé. Cependant l'éminent physicien ne continua pas ses expériences sur les vapeurs; elles furent reprises seulement par Gernez avec un plein succès en 1864 deux ans après la mort de Biot.

C'est aux applications à la chimie de sa découverte du pouvoir rotatoire moléculaire que Biot allait pendant quarante ans consacrer une partie importante de son labeur scientifique. Dans cette voie, il s'aperçut vite que la physique et la chimie sont inséparables; il fut l'un des premiers à les unir par un lien indissoluble, et c'est là un de ses plus beaux titres scientifiques.

* * *

Ses travaux d'optique n'empêchaient pas Biot d'étendre son activité à des domaines variés. Sa carrière professorale fut extrêmement remplie. Il avait été nommé professeur d'Astronomie à la Faculté des sciences dès sa fondation en 1809. Sur la première affiche des cours de cette Faculté, aux dimensions bien modestes, on trouve, pour les mathéma-

tiques, les noms de quatre professeurs, Lacroix pour le Calcul différentiel et intégral, Poisson pour la Mécanique, Biot pour l'Astronomie, et Francœur pour l'Algèbre supérieure; Gay-Lussac enseignait la physique. De 1816 à 1826 Biot quitta temporairement la chaire d'astronomie, dont il restait titulaire, pour professer la partie de la physique relative à l'acoustique, à l'électricité et à l'optique. Il venait de publier un *Traité de Physique expérimentale et mathématique* en quatre volumes, œuvre considérable d'un physicien également habile à la discussion des expériences et au maniement du calcul. On y retrouve le contemporain de Laplace, de Coulomb, de Poisson, cherchant à ramener l'explication de tous les phénomènes aux attractions et répulsions moléculaires. Quelques années plus tard, en 1824, Biot donnait, sous le titre de *Précis élémentaire de Physique*, une réduction de son grand *Traité*, reproduisant sans doute son enseignement public, où les développements mathématiques étaient considérablement réduits.

On a dit que Biot, obstinément attaché à la théorie de l'émission, était resté systématiquement étranger à celle des ondulations. Son *Précis de Physique* prouve le contraire; plusieurs leçons sont consacrées à cette théorie. Biot discute et compare les deux doctrines; la théorie des ondes ne lui paraît pas propre à expliquer la dispersion, nous sommes en 1824; tandis qu'au contraire le phénomène de la diffraction lui semble favorable au système ondulatoire. Biot a rendu hommage dans son *Précis* au génie de Fresnel, et il a écrit un peu plus tard : « Excités et guidés par les travaux de Fresnel, de profonds géomètres, Poisson et Cauchy surtout, se sont efforcés de donner à ses conceptions une rigueur tout à fait mathématique, et ils ont réussi à lever une grande partie des difficultés qu'elles renfermaient, s'ils ne les ont fait toutes disparaître. » Un témoignage intéressant de l'opinion de Biot est encore fourni par une conversation de celui-ci avec Léonor Fresnel en 1846 : « De quelle merveilleuse intuition fit preuve votre frère, lui dit Biot, quand il posa le concept si fécond des vibrations transversales. » C'est bien là en effet un trait de génie du grand physicien, à une époque où la théorie de l'élasticité n'était pas fondée.

Biot consacre un des chapitres de son Précis à ses travaux sur l'électromagnétisme faits en 1820 en collaboration avec Savart. Les actions électromagnétiques découvertes par OErstedt appelaient l'attention sur des forces de nature entièrement nouvelle. L'action électromagnétique exercée par un courant rectiligne indéfini sur un pôle magnétique est perpendiculaire au plan passant par le pôle et par le courant, et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare : telle est la loi remarquable que Biot et Savart ont déduite de l'expérience. De cette loi intégrale, les deux physiciens ont passé à une loi différentielle relative à l'action d'un élément de courant sur un pôle magnétique; ils y ont été conduits en étudiant très ingénieusement l'action d'un courant anguleux sur une aiguille magnétique très courte qui était placée sur la bissectrice de l'angle. Il est juste de reconnaître que Biot et Savart, en introduisant des actions élémentaires dont la direction n'était pas celle de la droite joignant les éléments, se montraient plus audacieux que ne l'était à la même époque Ampère dans ses célèbres études sur les actions mutuelles de deux éléments de courants; on se rappelle aussi les discussions dans lesquelles certains voyaient des contradictions entre le principe de l'égalité de l'action et de la réaction et la loi électromagnétique de Biot et Savart.

Outre son Traité de Physique, Biot, revenu quelques années après à l'enseignement de l'Astronomie, a publié un Traité d'Astronomie en cinq volumes, qui reste aujourd'hui encore digne d'intérêt : « On y présente, dit-il, l'Astronomie dans ses phases successives, recueillant d'abord les apparences offertes par le simple aspect du ciel, puis les fixant par des observations exactes, les composant en lois, et s'élevant enfin aux forces physiques qui les enchaînent. » La lecture de ces volumes montre bien comment l'étude de l'Astronomie conduisit Biot à celle de la Physique (¹).

(¹) Dans ma notice sur Fizeau lue dans la séance du 17 décembre 1923, j'ai noté que dans une communication de 1839 intitulée : *Remarques sur quelques points de la théorie des radiations* et insérée au Tome IX des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Biot paraît avoir fait au sujet de la lumière un raisonnement analogue à celui de Doppler, qu'il aurait ainsi devancé (voir page 725, de la ligne 9 à la ligne 15).

Dans les pages qui précèdent les noms de Biot et d'Arago ont été mêlés à propos de diverses recherches scientifiques, et nous avons vu les rapports parfois tendus entre les deux savants. Diverses compétitions contribuèrent encore à les séparer; c'est ce qui arriva quand Biot obtint la place convoitée par Arago d'examineur des élèves aux Écoles militaires de Saint-Cyr et de la Flèche. A côté de quelques similitudes d'esprit indiquées plus haut, que de différences entre leurs caractères. Arago, désireux de briller, recherchait la popularité et les applaudissements d'un public étendu. Biot, soucieux seulement de l'approbation d'un cercle choisi, voyait dans la science uniquement un but et jamais un moyen. Son esprit, naturellement inquiet, s'exagérait certaines antipathies, et il se trouvait enclin à apercevoir partout la main d'Arago cherchant à lui nuire.

En 1822, un échec lui fut particulièrement sensible. Delambre venait de mourir; Biot sollicita sa succession comme Secrétaire perpétuel, mais Fourier fut élu. On pouvait se résigner à être battu par l'illustre auteur de la théorie analytique de la chaleur. Biot en conçut cependant un vif dépit, et il quitta Paris pendant quelques années, se retirant dans son domaine de Nointel, où il se livra à des expériences agricoles et à des travaux littéraires, sans abandonner cependant ses recherches d'Optique. Sortant de son habituelle réserve, il eut l'imprudence de se laisser nommer maire de Nointel. Ce fut au détriment de son repos, car, comme il l'a dit lui-même, il n'était pas fait pour gouverner les hommes. En 1830, il dut donner sa démission; on l'accusait d'avoir dans son cabinet un portrait de Charles X, lequel était en réalité un buste du marquis de Laplace en costume de pair de France.

Non seulement les travaux se rapportant aux diverses sections de notre Académie sollicitaient l'attention de Biot, mais il s'intéressait à tout ce qui paraissait d'important en littérature, en histoire et géogra-

phie, en économie sociale, comme en témoignent ses très nombreux articles dans le *Mercure de France* et le *Journal des Savants*.

Jeune encore, il avait obtenu une mention dans un concours de l'Académie française, dont le sujet était l'Éloge de Montaigne. Commencant par tracer un tableau très sévère mais bien superficiel de la philosophie scolastique, il la qualifie de vide de sens et de prodigue de mots. Trois hommes lui paraissent avoir surtout concouru 'au xvi^e siècle à renverser les barrières de cette philosophie, Erasme, Rabelais et Montaigne. Le rapprochement qu'il fait de Rabelais et Montaigne ne manque pas de justesse : « Plus retenu dans son style, dit-il de ce dernier, mais non moins libre dans ses pensées, également éloigné de la grossièreté monacale et de la morgue pédantesque, il eut l'âme d'un philosophe avec le ton d'un homme du monde. » Voulant étudier l'influence exercée sur Montaigne par les événements qui se déroulent autour de lui, Biot rappelle la dureté des temps troublés où il vécut. Si Montaigne ne fut pas atteint par la corruption de son siècle, les tristes spectacles dont il était le témoin finirent par l'endurcir lui-même, d'où un égoïsme dont Biot fait une peinture quelque peu exagérée. On trouve sans doute dans Montaigne des phrases comme celles-ci : « Faisons que notre contentement despende de nous; desprenons-nous de toutes les liaisons qui nous attachent à austruy », où encore : « Il faut aimer ceci ou cela, mais n'épouser rien que soi ». Cependant la philosophie de Montaigne balancée entre des influences diverses a parfois un autre aspect, comme dans le fameux chapitre sur *l'Amitié*, mais Biot trouve plutôt là une circonstance aggravante; c'est l'isolement, auquel son égoïsme avait conduit Montaigne, qui lui fait regretter La Boétie. Tout en se montrant sévère pour la philosophie égoïste de l'auteur des *Essais*, Biot reconnaît qu'il a rassemblé dans son ouvrage tout ce qui peut servir à donner une connaissance exacte et complète du cœur humain, et, conclut-il : « Voilà ce qui fait aimer Montaigne, voilà pourquoi, n'ayant eu de modèle dans aucune langue, il n'aura jamais d'imitateurs. »

Biot a consacré de nombreuses pages à Newton, dont on peut dire

qu'il fut en France l'historien de seconde main. Ses articles très documentés nous font bien connaître l'auteur des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle. Nous voyons Newton longtemps très réservé à l'égard des hypothèses, protestant même qu'il n'en sent pas le besoin et que, les propriétés qu'il a découvertes étant des faits physiques, il n'importe nullement à leur certitude qu'elles soient ou ne soient pas explicables par tel ou tel système. Plus tard cependant il écrit : « Mais comme j'ai cru voir que les têtes de beaucoup de grands savants courent fort après les hypothèses, je dirais celle que je serais porté à regarder comme la plus vraisemblable, si j'étais obligé d'en adopter une. » C'est ainsi qu'il fut conduit à l'analyse des modifications résultant de l'action des ondulations de l'éther sur le mouvement des particules lumineuses, et même, dans une note annexée à son Optique, ouvrage purement expérimental, il se demande si l'éther ne suffit pas pour produire la gravitation universelle. Tant il est vrai que l'esprit humain éprouve le besoin d'hypothèses explicatives, nécessaires pour un classement au moins provisoire des phénomènes.

On lit avec le plus grand intérêt, sous la plume de Biot, l'histoire des principales découvertes de Newton. Celui-ci rencontra à la Société Royale de Londres un contradicteur acharné en la personne de Robert Hooke, qui joignait à des connaissances étendues une grande activité d'esprit et un vif désir de renommée. Dès qu'un résultat était annoncé, Hooke prétendait l'avoir déjà obtenu ; il était d'ailleurs incapable de concevoir la différence entre un aperçu vague et une idée précise. Hooke ne manqua pas de soutenir qu'il avait le premier parlé de l'attraction. Mais, bien avant lui, Borelli avait dit que « les planètes meuvent suivant des ellipses en vertu d'une tendance vers le soleil, tendance analogue au magnétisme et à la gravité ». Et Bouillau avait écrit que « ces forces centrales dirigées vers le soleil et dépendant d'une propriété de la matière devaient suivre la raison réciproque du carré de la distance ». De son côté Halley, un des plus grands astronomes de l'Angleterre avait, en 1684, utilisé les théorèmes d'Huyghens sur la force centrifuge pour déterminer les tendances

que les planètes ont à s'éloigner du soleil, et il avait établi, en s'appuyant sur les lois de Kepler, que ces tendances sont en raison inverse du carré des distances. Mais il ne put traiter le problème inverse, et, ayant fait part de ses résultats à Newton, celui-ci lui montra une rédaction très ancienne portant ce titre « *Traité du Mouvement* », où toutes ces questions étaient approfondies. Halley demanda alors à Newton de lui confier une partie de son manuscrit, pour être insérée dans les registres de la Société Royale. Newton n'acquiesça pas sans peine à cette demande, car il tenait avant tout à sa tranquillité, et il avait prévu toutes les réclamations dont ses travaux seraient l'objet. Il avait d'abord répondu à Halley : « La Physique est devenue aujourd'hui une princesse si impertinemment litigieuse, qu'il vaudrait autant être engagé dans des poursuites judiciaires que d'avoir affaire avec elle. » Les savants d'aujourd'hui sont assurément plus pressés que Newton de publier leurs travaux.

Biot a parlé longuement dans le *Journal des Savants* de la correspondance entre *Newton* et *Cotes*. La première édition du Livre des *Principes de la Philosophie naturelle* avait paru en 1687; Newton, ayant décidé en 1709 de faire paraître une seconde édition, transmet successivement les parties de son manuscrit à un jeune maître de Cambridge *Cotes*, qui devait ensuite corriger les épreuves. Or celui-ci relut avec un grand soin le manuscrit, et fit à Newton de nombreuses observations, d'où une correspondance qui dura plus de quatre années et fut publiée en 1850. Ces lettres présentent un réel intérêt scientifique. *Cotes* refait tous les calculs et corrige d'assez nombreuses erreurs. Les points les plus délicats de la théorie sont l'objet de discussions entre le maître et le disciple, et plus d'une fois Newton doit reconnaître la justesse des observations présentées; peu à peu la conversation s'établit sur le pied d'une égalité parfaite entre le savant dans tout l'éclat de sa renommée et le jeune professeur. En fait Newton fut très heureux de cette collaboration; il importait que rien ne restât dans cette édition, qui pût donner prise à la critique. Il y avait dans le Livre des *Principes* une philosophie scientifique nouvelle,

violemment attaquée sur le continent. Ainsi Huyghens trouvait absurde le *principe d'attraction*, et Leibnitz s'efforçait de tirer les lois de Kepler du mouvement circulaire qu'il attribuait à un éther idéal. Cotes a pris une grande part aux améliorations introduites dans la nouvelle édition; il scrute le fond comme la forme d'un regard pénétrant. « Je ne crois pas qu'il y ait dans les sciences, écrit Biot, un second exemple d'un homme ayant mis si complètement et avec tant d'abnégation sa pensée au service d'un autre. » Cotes mourait prématurément peu après, n'ayant publié que quelques théorèmes sur les polygones réguliers; mais, après avoir lu la *Correspondance*, on est moins étonné de cette phrase de Newton : « Si Cotes avait vécu, nous saurions quelque chose. »

La *Correspondance* précédente a encore permis à Biot de rechercher quelles méthodes d'investigation avait dû suivre Newton pour arriver aux résultats contenus dans le *Livre des Principes*. La lecture de cet ouvrage célèbre est très laborieuse, et il semble que l'auteur ait voulu envelopper de mystères les voies qu'il a suivies. Dans maints passages, de longs développements géométriques pénibles à suivre peuvent se déduire d'un calcul très simple. Biot, comme Laplace, ne doute pas que Newton ait trouvé la plupart de ses théorèmes, non par voie synthétique mais avec le secours de l'Analyse, et la partie de la *Correspondance* entre Newton et Cotes concernant la Lune apporte à cette vue une confirmation décisive.

Les lettres échangées entre Newton et l'Astronome royal Flamsteed ont aussi fait l'objet d'une étude remarquable de Biot. On savait que Newton s'était occupé d'une des plus difficiles et des plus importantes questions de l'astronomie physique, celle des réfractions atmosphériques, et Halley en 1721 avait publié une table numérique de ces réfractions, comme venant de Newton. Quant à la théorie qui y avait conduit celui-ci, elle n'est indiquée que d'une manière extrêmement vague dans les lettres à Flamsteed. Biot a réussi, non sans peine, à la restituer, mettant en évidence les diverses hypothèses sur la constitution de l'atmosphère qu'avait dû faire Newton, et il conclut :

« Newton est le créateur de la théorie des réfractions astronomiques, comme il l'est de la théorie de la gravitation. »

Divers ouvrages parus en Angleterre sur Newton donnèrent à Biot l'occasion de parler de l'homme en même temps que du savant. Il faut avouer que le caractère chez Newton ne fut pas toujours à la hauteur du génie mathématique. L'histoire des procédés employés pour enlever à Leibnitz sa part dans l'invention du calcul infinitésimal laisse une impression pénible; d'ailleurs, une fois les hostilités commencées, Leibnitz se montra tout aussi violent et injuste. Dans sa vie de Newton, un éminent physicien Sir David Brewster avait cherché en toute circonstance à défendre Newton. Quelques pages de Biot relatives à l'éloge que fait Sir David de la chronologie de Newton et de son commentaire sur l'Apocalypse sont d'une ironie délicate, qui blessa plus tard d'ailleurs vivement le physicien anglais, et celui-ci saisit l'occasion du travail de Biot sur le procès de Galilée pour dire toute son horreur des *superstitions romaines* (1).

..

Tout en se livrant à ces travaux d'érudition, Biot poursuivait ses recherches sur le pouvoir rotatoire moléculaire. Dans les expériences qu'il avait faites pendant de nombreuses années, soit sur des substances actives dissoutes dans des liquides inactifs, tel le sucre dans l'eau, soit sur des systèmes composés de liquides actifs, il n'avait rencontré aucun cas où les substances mises en présence ne parussent associées autrement que par un simple mélange. Mais en 1836 il rencontra un cas pour lequel le phénomène était plus complexe; c'est celui de la dissolution aqueuse d'acide tartrique. Il se formait une véritable combinaison de l'acide tartrique avec son dissolvant inactif.

C'était sur l'acide tartrique droit qu'opérait Biot; Pasteur ne devait

(1) Dans son Commentaire sur Newton, inséré dans la Biographie universelle, Biot avait déjà témoigné de quelques doutes sur cette conclusion de Newton, que la onzième corne de Daniel désigne la cour de Rome. Brewster l'avait pris violemment à partie : « Cette interprétation, dit-il, peut être développée jusqu'à la plénitude d'une démonstration ».

découvrir que plus tard l'acide tartrique gauche, qui offre d'ailleurs la même particularité. Les travaux de Biot sur ces questions sont des modèles d'étude expérimentale patiente, sans grande vue théorique, mais conduite avec un soin extrême. Il donne une formule empirique exprimant, en fonction des éléments en présence, le pouvoir rotatoire spécifique de la dissolution. Le cas de l'acide tartrique n'est pas isolé ; il apparut bientôt à Biot que c'était même le cas général, quand il reprit avec une technique plus soignée ses anciennes recherches. Il examina ensuite le cas, où « dans un milieu liquide composé d'une substance active et d'une substance inactive sur la lumière polarisée, on introduit une troisième substance également inactive, qui puisse entrer en solution avec les deux autres, sans les décomposer chimiquement ni en être décomposée ». L'acide tartrique, l'eau et l'acide borique en donnent un exemple curieux. En introduisant dans une solution aqueuse d'acide tartrique une quantité extrêmement petite d'acide borique, on voit apparaître des propriétés moléculaires nouvelles ; la loi même de dispersion des plans de polarisation particulière à l'acide tartrique est complètement modifiée. Biot vit de suite le secours imprévu que ses recherches apportaient à la chimie, particulièrement à la chimie organique. De nouveaux procédés d'analyse chimique en découlaient ; on pouvait étudier la constitution intime des corps sans les endommager. Biot fit en collaboration avec Persoz une première application de l'appareil qu'il avait construit sous le nom de polarimètre ; elle concernait l'étude des modifications que la fécule et la gomme arabique éprouvent sous l'influence des acides étendus. On en tira ensuite, pour la fabrication et le raffinage des sucres des méthodes d'observation optique d'un emploi sûr et facile. La médecine trouva là aussi pour l'exploration du diabète un diagnostic certain permettant de suivre toutes les phases de la maladie.

Dans un article écrit en 1860, qu'il appelait son testament scientifique, Biot a résumé les principales découvertes, dont les pouvoirs rotatoires moléculaires avaient été jusque-là l'instrument. Il y rappelle avec quelque mélancolie que ses méthodes d'analyse eurent bien du

mal à s'acclimater dans le *royaume des chimistes*, ce qui lui avait fait dire jadis d'une manière un peu vive : « Les chimistes ne sont que des cuisiniers, ils ne savent pas tirer parti de l'admirable instrument que je leur ai mis entre les mains. » Mais peu à peu la chimie s'était rapprochée de la physique, et Biot est heureux de citer les travaux de deux jeunes *novateurs* comme il les appelle, Pasteur et Berthelot, qui n'ont pas craint, écrit-il, de compromettre leur réputation de spécialité chimique en utilisant des méthodes physiques. Berthelot avait suivi optiquement et chimiquement trois corps isomères, l'essence de citron et deux variétés d'essence de térébenthine depuis leur extraction jusqu'à leur décomposition finale sous diverses influences. Quant à Pasteur, on sait avec quel intérêt Biot au soir de sa vie a suivi ses recherches cristallographiques; la séparation de l'acide paratartrique en acide tartrique droit et acide tartrique gauche excita au plus haut point l'intérêt de l'illustre vieillard, qui, après avoir vérifié lui-même au polarimètre les résultats annoncés par Pasteur, lui dit cette phrase souvent rappelée : « Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences pendant ma vie que cela me fait battre le cœur. » L'ensemble des recherches de Biot sur le pouvoir rotatoire des dissolutions lui assure une place dans l'histoire de la chimie physique.

Nombre de notices écrites par Biot contiennent des renseignements intéressants. Que de souvenirs il évoque de ses conversations avec Laplace pour qui il garda toujours une profonde vénération, et auquel il avait dédié un de ses ouvrages avec la dédicace suivante : « J'offre cet ouvrage à cet amour ardent des sciences qui vous fait regarder leur étude comme le plus grand plaisir, et leur progrès comme le plus grand bien de l'humanité. » Il nous apprend de Lagrange qu'une de ses expressions favorites était « je ne sais pas », et qu'il se plaisait dans la société des femmes à cause de l'avantage qu'elles ont en général d'être étrangères aux discussions scientifiques. Biot se risque même timidement à rappeler que Lagrange lui a dit un jour confidentiellement :

« La tête d'une femme est une éponge à préjugés », mais il lui laisse toute la responsabilité de ce propos.

Biot a consacré quelques pages touchantes à son camarade d'école Malus, enlevé par une mort prématurée, qui fit la découverte capitale de la polarisation par réflexion. Une autre de ses notices biographiques, celle de Napier, inventeur des logarithmes, est pleine de détails pittoresques. Napier de Merchison, baron écossais du xvi^e siècle, était un puritain violent, regardé dans le parti presbytérien d'Écosse comme le plus grand théologien de son temps. Il avait écrit, pour convertir les papistes, un Commentaire de l'Apocalypse, dans lequel il avait conclu que la fin du monde devait avoir lieu en 1786. C'est ce théologien, étroit et ardent, vivant confiné dans un château fort au sein d'un paysage sauvage, qui réalisa une invention changeant tous les procédés de calcul arithmétique employés jusqu'alors dans les sciences, invention sans laquelle Kepler n'aurait peut-être pas eu le temps d'achever ses tables Rudolphines, ni trouvé les lois devant conduire Newton à la découverte de la gravitation universelle.

Nous avons dit que Biot s'était éloigné pendant quelques années de l'Académie après son échec de 1822. Quand il y revint, ce ne fut pas pour trouver bien tout ce qui s'y faisait, d'autant qu'Arago avait été dans l'intervalle nommé Secrétaire perpétuel en remplacement de Fourier. Biot a consacré deux articles du *Journal des Savants* à la publicité donnée aux séances de l'Académie et à l'institution des Comptes rendus hebdomadaires. Il n'avait pas vu sans inquiétudes s'accroître vers 1830 le nombre des personnes, étrangères à l'Académie, autorisées à assister à ses séances. Une conséquence grave de la présence d'un public nombreux était pour lui la restriction qui en résultait dans les discussions scientifiques. Il pensait que celles-ci sont moins libres parce que beaucoup de membres de l'Académie peuvent hésiter à émettre des réflexions exposées à avoir un grand retentissement; le cas opposé ne lui paraissait d'ailleurs pas impossible, qu'on parlât pour la galerie sans avoir rien de bien essentiel à dire. Biot se méfiait aussi des articles consacrés chaque semaine aux séances de l'Académie, qui,

à partir de 1825, commencèrent à paraître dans *le Globe* et quelques autres journaux ; les théories abstraites et élevées, les spéculations les plus profondes sont nécessairement négligées, disait-il, dans de tels exposés, étant totalement incompréhensibles à un public étendu et sans préparation suffisante. On sait que la publicité de nos séances est devenue complète en 1835, et que les *Comptes rendus* de l'Académie ont commencé depuis lors à paraître chaque semaine. Les conclusions de Biot sont sévères : « La majeure partie du temps de l'Académie, écrit-il, est employée au service de tous les individus qui veulent s'adresser à elle pour lui communiquer leurs idées, bonnes ou mauvaises, les réclamations de priorité ou les critiques qui les intéressent personnellement, leurs élucubrations du jour ou de la veille, parfois mais rarement d'importants travaux longuement médités. Par suite de cette intervention des influences étrangères à l'Académie, les discussions scientifiques entre les membres sont devenues rares et difficiles, étant trop souvent amenées par un sentiment d'hostilité personnelle ou par le désir d'attirer sur soi l'attention de la foule environnante. » Peut-être certaines critiques s'adressaient-elles indirectement à Arago qui avait proposé la publicité des séances et la création des *Comptes rendus* hebdomadaires. Elles proviennent d'une vue trop aristocratique de la science, et sont injustes dans leur ensemble. Il est loisible de regretter le temps où savants et philosophes devisaient en se promenant dans les jardins d'Académos, et l'on a pu critiquer parfois avec raison des publications hâtives se réduisant à des prises de date ou à des programmes de recherches futures. Mais l'intérêt est grand pour notre pays de posséder un centre où affluent des Communications scientifiques de toutes les parties du monde ; il faut seulement veiller à ce que ces Communications résument, comme le voulait Biot, des travaux longuement médités.

Sur un autre point, Biot avait une idée un peu étroite de la recherche scientifique. Il estimait que le savant ne doit pas chercher des applications industrielles de ses découvertes. Un témoignage singulier en est fourni par une lettre qu'il adressa à la Section de Chimie à l'occasion

de la chaire laissée vacante au Collège de France par la mort de Pelouze. Sous son influence, le Collège avait présenté le chimiste Laurent en première ligne par *treize* voix contre *neuf* données à Balard qui était membre de l'Académie. Biot conjure ses confrères de voter pour Laurent, l'homme de vrai talent, possédé de l'amour désintéressé de la science. Il ne conteste pas le mérite de Balard. Sa découverte du brome l'a conduit à des applications pratiques dont les conséquences sont fructueuses pour lui ; mais après avoir obtenu les moyens de travail les plus étendus, il n'a presque rien fait pour la science. Sa nomination découragerait ceux qui, comme Laurent, ont contribué avec éclat aux progrès de la chimie organique et attendent des moyens de travail leur permettant de continuer leurs recherches. Malgré cette argumentation de Biot, Balard fut présenté par l'Académie et nommé au Collège de France.

En une autre circonstance, Biot intervint encore devant l'Académie pour une présentation. Il demandait que Pasteur fût mis sur la liste pour une élection dans la Section de Botanique. Pasteur n'est sans doute pas botaniste de profession, disait-il, mais ses études sur les végétaux inférieurs sont d'une extrême importance ; il faut que les sections de l'Académie n'aient pas trop d'exclusivisme et voient large et grand. On ne peut en cette circonstance que donner raison à Biot.

Ces petits incidents de la vie académique de Biot le montrent toujours disant sa pensée sans ménagements et avec le caractère indépendant que nous avons déjà rencontré dans plusieurs occasions.

..

L'astronomie égyptienne a beaucoup occupé Biot. Très lié avec Champollion, il suivait avec le plus vif intérêt les travaux du grand égyptologue. Quand celui-ci eut en 1831 découvert la notation des mois *vagues* égyptiens, et expliqué les rapports singuliers qu'elle présentait avec la série annuelle des travaux agricoles en Égypte, Biot entreprit l'étude du calendrier des Égyptiens et de leurs périodes astronomiques. On sait qu'il n'y avait pas chez eux de chronologie continue,

les dates sur les monuments étant comptées à partir du commencement du règne de chaque roi. L'année des égyptiens, dite année vague, était formée de 360 jours avec 5 jours complémentaires dits *épagomènes*. Cette année était partagée en trois *tétrades* contenant chacune 4 mois de 30 jours, que complétaient les épagomènes, le premier mois étant le mois de *Toth*. A une époque lointaine, le lever héliaque de l'étoile Sirius à Memphis avait coïncidé avec le premier jour de *Toth*. Il y avait concordance complète de la notation égyptienne avec la succession des cultures aux époques où l'année vague se trouvait convenablement placée dans l'année solaire. Il s'agissait de reconnaître les époques où l'ordre des trois *tétrades* avec leurs signes symboliques exprimait l'état physique réel de l'Égypte. Biot trouve que le Soleil était exactement solsticial, en l'année Julienne — 3285, le jour du lever héliaque de Sirius à Memphis; or le solstice arrivait cette année-là le 20 juillet Julien : « On doit regarder comme indubitable, écrit Biot, que, en l'an — 3285, Sirius se leva héliaquement sur le parallèle de Memphis le 20 juillet, le jour même du solstice d'été, et que, en même temps, la notation égyptienne des mois, d'accord avec les phénomènes solaires, marquait à ce même jour le commencement solsticial de la crue du Nil. »

Biot a longuement étudié les questions se rattachant à la période *sothiaque* des Égyptiens. Le commencement et la fin de cette période sont fixés aux époques où le levier héliaque de l'étoile Sirius (*Sothis* en égyptien) revenait coïncider avec le premier jour de l'année égyptienne vague. Ce fait s'est produit, sous le parallèle moyen de l'Égypte, en — 1322, — 2782, ..., en remontant par périodes égales, comprenant chacune 1460 années juliennes de 365 jours $\frac{1}{4}$, ou 1461 années égyptiennes vagues de 365 jours. Pour Biot, un emploi réel du cycle *sothiaque* n'a pu commencer avant — 1322; on a fait ensuite des computations rétrogrades.

A quelle date les jours épagomènes ont-ils été introduits : c'est une question, que Biot discute. Les plus anciens monuments sur lesquels on ait jusqu'ici trouvé une mention des jours épagomènes appartiennent

à la 18^e dynastie; d'après Biot, l'année égyptienne arrivée jusqu'à nous a dû être établie ou définitivement réglée en — 1780.

Les mémoires précédents sur l'astronomie égyptienne et sur la période sothiaque donnent l'impression d'une érudition considérable, vraiment extraordinaire chez un homme dont ces études n'étaient pas un sujet d'occupations exclusives. Il semble bien qu'ils ont permis de déterminer quelques-uns de ces points fixes, dont la longue histoire de l'ancienne Égypte réclamait l'appui. « L'étude intime du Calendrier des Égyptiens, la connaissance de leur année et de leurs périodes astronomiques, a dit Emmanuel de Rougé, telles sont les premières notions indispensables à la chronologie des dynasties pharaoniques, et M. Biot en a fixé les règles dans ses Mémoires d'une main si ferme qu'il nous a tracé de prime abord les seules méthodes pouvant conduire au succès ».

Les travaux de Biot sur le *zodiaque de Denderah* ont amené de grandes discussions. Ce zodiaque qui est aujourd'hui au Louvre est un planisphère sur le plafond d'un petit sanctuaire d'Isis à l'angle occidental du grand temple de la déesse Hathor à Denderah. Les bases de certains calculs faits par Biot à ce sujet étaient douteuses, mais d'éminents égyptologues s'accordent à lui reconnaître le mérite d'avoir signalé sur le planisphère des planètes et des constellations véritables; dans son dernier Mémoire sur ce sujet, en 1844, Biot écrit : « Sans prétendre assigner dans quel temps, à quelle occasion, ni pour quel but spécial le temple de Denderah et ses zodiaques ont été construits, je persiste à dire que ces monuments sont intentionnellement disposés pour l'époque céleste où Sirius se levait sur l'horizon de l'Égypte simultanément avec le point solsticial d'été, qui était placé alors près des deux étoiles principales de la Constellation du Cancer. »

..

L'astronomie chinoise a aussi fait l'objet des études de Biot. Un de ses Mémoires a pour titre : *Sur l'antiquité de l'Empire de la Chine prouvée par les observations astronomiques*. Les observations astronomiques chinoises sont nombreuses. Un Jésuite, le père Gaubil, a rap-

porté toutes celles qu'il a pu recueillir d'après les anciens livres chinois. Malheureusement, en 213 avant notre ère, une cruelle persécution contre les lettrés et contre les livres fut exercée par l'empereur Tsing-chi-Hoang ; dans une période de quarante jours tous les livres historiques durent être brûlés. On n'excepta que les livres contenant l'histoire de la famille régnante et ceux qui traitaient d'astrologie, de médecine et d'agriculture ; c'est ainsi que purent être sauvés d'anciens ouvrages et, peu après la mort de l'empereur iconoclaste, on s'efforça de réparer le mal en composant une histoire avec ce qui avait échappé aux flammes. Un assez grand nombre d'observations rapportées par le père Gaubil présentent peu d'incertitudes. Quelques-unes offrent même des données assez précises pour qu'on puisse les calculer complètement. Telles sont celles qu'on attribue à Tcheou-kong, frère de l'empereur You-wang et régent de l'Empire. On pourrait supposer qu'on a arrangé les observations après coup, mais la valeur qu'elles assignent à l'obliquité de l'écliptique fournit une preuve d'une grande force, car il y a accord à deux minutes près entre la valeur de l'obliquité pour cette époque, qui se déduit des ombres du gnomon, et la valeur que l'on peut calculer par la Mécanique céleste, pour les années entre 1098 et 1104 avant notre ère, correspondant à la régence de Tcheou-kong. En ce qui concerne les observations recueillies par le père Gaubil, Biot ne pense pas qu'on puisse remonter en Chine au delà de 2261 ans avant notre ère, peut-être jusqu'à 2400.

Pour la partie linguistique, Biot avait travaillé avec un éminent sinologue, Abel Rémusat, et après sa mort avec Stanislas Julien, qui eut pour disciple Édouard Biot, le fils de J.-B. Biot. Édouard Biot avait commencé la traduction d'un des plus anciens livres de la littérature chinoise, le Tcheou-li, ou *livre des Rites*, composé par le régent Tcheou-kong, dont nous avons parlé ci-dessus, onze cents ans avant notre ère ; il mourut avant la fin de la traduction, qui fut continuée par son père avec l'assistance de Stanislas Julien. Jean-Baptiste Biot lut en 1851 à l'Académie des Inscriptions l'avertissement écrit par son fils. Le livre étrange qu'est le Tcheou-li est d'un grand intérêt historique ; on y trouve

aussi quelques parties scientifiques, et le triangle rectangle de côtés *trois, quatre, cinq* y est signalé. « Mon pauvre fils, dit Biot en terminant sa lecture, a usé ses forces à ce livre et y a consumé les cinq dernières années de sa vie. Je dois remercier Dieu de m'avoir accordé après lui assez de jours pour avoir pu achever d'élever un monument à sa mémoire avec l'assistance de son maître Stanislas Julien. En me dévouant à ce pieux devoir, je croyais l'avoir près de moi; et qu'il ressentait ce dernier témoignage de notre mutuelle affection. Oui, il y a des communications de sentiment qui survivent à ce mystère de la mort, et qui rejoignent encore les âmes aimantes qu'elle a séparées. »

Dans sa jeunesse Édouard Biot avait aidé son père dans ses opérations astronomiques et géodésiques. La mauvaise volonté d'Arago lui ayant fermé les portes de l'Observatoire, il s'était tourné du côté de l'industrie et avait construit avec les frères Séguin le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon; il se livra ensuite à l'étude de la langue chinoise, et ses travaux d'érudition le conduisirent à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres. La mort de Madame Biot et celle de son fils, se suivant à peu de distance, ont été les grands chagrins de la vie de Biot.

..

La facilité d'élocution de Biot comme professeur a été louée par tous ceux qui l'ont entendu. Il quitta en 1848 la Faculté des sciences, dont il avait été le doyen pendant quelques années, mais il resta jusqu'à sa mort titulaire de la chaire de physique mathématique du Collège de France, dans laquelle il fut suppléé par Liouville, Le Verrier, Delaunay et, en dernier lieu, par Joseph Bertrand, qui lui succéda. L'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres l'appela dans son sein comme membre libre en 1841, et en 1856 il fut élu à l'Académie française.

Biot vieillissait, entouré du respect de tous, conservant la plénitude de son intelligence avec son extraordinaire curiosité d'esprit. Il faisait le désespoir de nos bibliothécaires emportant peu à peu dans son appartement du Collège de France la bibliothèque de l'Institut. J'ai

jadis entendu parler par quelques-uns de nos anciens confrères de ces réunions à la Bibliothèque après la séance de l'Académie, où l'on faisait cercle pour écouter les anecdotes racontées par le vénérable savant, qui avait vécu sous tant de régimes politiques et apparaissait comme le dernier représentant d'un âge héroïque. Dans des réunions plus intimes, quand il évoquait le souvenir de Laplace, Biot aimait à rappeler l'ardeur agressive avec laquelle vers la fin de sa vie le grand géomètre cherchait à amener la conversation sur des sujets religieux; peut-être ces discussions, souvent très vives, dont retentissaient même les séances du Bureau des Longitudes, amenèrent-elles Biot à réfléchir sur des questions dont il s'était désintéressé pendant bien des années, et contribuèrent-elles indirectement à son retour ultérieur au catholicisme.

Telle fut la vie de Jean-Baptiste Biot, uniquement consacrée à la science et à l'enseignement. En le recevant à l'Académie française, Guizot lui disait : « C'est à la science que vous avez voulu appartenir et que vous appartenez en effet. Vous n'avez cherché dans vos travaux que la vérité scientifique, sans vous occuper de ses résultats pratiques; vous ne lui avez jamais demandé ni les jouissances de la fortune, ni les plaisirs de la vanité.... A travers tant de secousses sociales qui ont troublé tant d'esprits et abaissé tant de caractères, vous avez été, monsieur, un modèle de cette indépendance généreuse et sereine; vous avez conservé à l'abri de toute atteinte votre raison et votre dignité, et les événements qui ont bouleversé autour de vous toutes choses n'ont jamais altéré ni la libre fermeté de votre jugement ni le paisible cours de vos travaux. » On ne peut mieux résumer la vie de l'illustre vieillard qui s'éteignit le 3 février 1862; il était depuis longtemps le doyen de l'Institut de France, auquel il a appartenu pendant soixante années.

